

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**PERHITUNGAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG B RUSUNAWA  
GUNUNGSARI SURABAYA MENGGUNAKAN  
KONSTRUKSI BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS DENGAN BALOK  
*HONEYCOMB***

**MEGA WIDYA RAMADHANI**  
**NRP. 3113 041 026**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Ir. MUNARUS SULUCH, MS.**  
**NIP. 19550408 198203 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2017**





**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**PERHITUNGAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG B RUSUNAWA  
GUNUNGSARI SURABAYA MENGGUNAKAN  
KONSTRUKSI BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS DENGAN BALOK  
*HONEYCOMB***

**MEGA WIDYA RAMADHANI  
NRP. 3113 041 026**

**DOSEN PEMBIMBING  
Ir. MUNARUS SULUCH, MS.  
NIP. 19550408 198203 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT APPLICATION - RC146599**

**CALCULATION OF STRUCTURAL AND  
CONSTRUCTION METHOD OF B BUILDING  
RUSUNAWA GUNUNGSARI SURABAYA USING  
STEEL CONSTRUCTION SPECIAL MOMENT  
FRAMES WITH HONEYCOMB BEAM**

**MEGA WIDYA RAMADHANI  
NRP. 3113 041 026**

**LECTURER  
Ir. MUNARUS SULUCH, MS.  
NIP. 19550408 198203 1 003**

**DIPLOMA IV STUDY PROGRAM  
DEPARTEMENT OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE CIVIL  
FACULTY OF VOCATION  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERHITUNGAN STRUKTUR DAN METODE**  
**PELAKSANAAN GEDUNG B RUSUNAWA**  
**GUNUNGSARI SURABAYA MENGGUNAKAN**  
**KONSTRUKSI BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL**  
**MOMEN KHUSUS DENGAN BALOK *HONEYCOMB***

**TUGAS AKHIR**

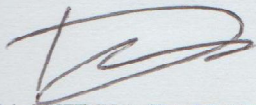
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
pada

Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infratraktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, Juli 2017

Disusun oleh:

**MAHASISWA:**



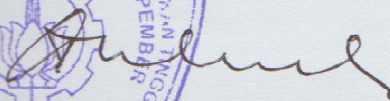
**MEGA WIDYA RAMADHANI**

**NRP. 3113.041.026**

Disetujui oleh :

28 JUL 2017

**DOSEN PEMBIMBING:**



**Ir. MUNARUS SULUCH, MS.**

**NIP. 19550408 198203 1 003**



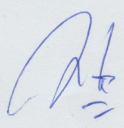
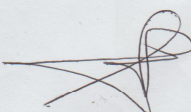



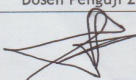
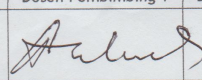
**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/5/2017

|                           |                                                                                                                                            |              |            |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| Judul Tugas Akhir Terapan | Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya Menggunakan Konstruksi Baja SRPMK dengan Balok Honeycomb |              |            |
| Nama Mahasiswa            | Mega Widya Ramadhani                                                                                                                       | NRP          | 3113041026 |
| Dosen Pembimbing 1        | Ir. Munarus Suluch, MS.<br>NIP 19550408 198203 1 003                                                                                       | Tanda tangan |            |
| Dosen Pembimbing 2        | NIP -                                                                                                                                      | Tanda tangan |            |

| URAIAN REVISI  | Dosen Penguji                                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| lihat lampiran |  |
|                | M. Khoiri, ST., MT., Ph.D.<br>NIP 19740626 200312 1 001                           |
| lihat lampiran |  |
|                | Ir. Sungkono, CES.<br>NIP 19591130 198601 1 001                                   |
|                | -                                                                                 |
|                | NIP -                                                                             |

| PERSETUJUAN HASIL REVISI                                                            |                                                                                     |                 |                 |                                                                                     |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Dosen Penguji 1                                                                     | Dosen Penguji 2                                                                     | Dosen Penguji 3 | Dosen Penguji 4 | Dosen Pembimbing 1                                                                  | Dosen Pembimbing 2 |
|  |  |                 |                 |  |                    |
| M. Khoiri, ST., MT., Ph.D.<br>NIP 19740626 200312 1 001                             | Ir. Sungkono, CES.<br>NIP 19591130 198601 1 001                                     | -               | -               | Ir. Munarus Suluch, MS.<br>NIP 19550408 198203 1 003                                | -                  |



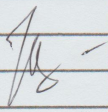



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Mega Widya Ramadhani **2**  
**NRP** : 1 311 304 1026 **2**  
**Judul Tugas Akhir** : Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung B Rusunawa  
 Gunung Sari Surabaya menggunakan Konstruksi Baja Sistem Rangka  
 Pemikul Momen Khusus dengan Balok Honeycomb.  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Munarus Suluch, MS.

| No | Tanggal          | Tugas / Materi yang dibahas                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tanda tangan                                                                      | Keterangan               |                          |                          |
|----|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1  | 8 Februari 2017  | → Perhitungan balok honeycomb diperbolehkan hanya mengambil gaya dalam tanpa direk penampang.<br>→ lanjutkan perhitungan kolom dan kirim ke email.                                                                                                                                                  |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2  | 22 Februari 2017 | → Dicoba profil balok anak mengu-<br>-kan profil WF.<br>→ Direncanakan bentuk sambungan yg mudah untuk teknik pelaksanaan.<br>→ Coba dicek di website youtube untuk pelaksanaan bangunan baja                                                                                                       |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3  | 3 Maret 2017     | → Coba cari contoh perhitungan amplifikasi momen.<br>→ Beri gambar petunjuk tentang dimensi penampang, gaya dalam dan kolom yang ditinjau.<br>→ Pengertian dari preliminary design untuk redaksional adalah gambar awal yang diambil dari dimensi profil yang sudah fix (mene-<br>nuhi persyaratan) |                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI****INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER****FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN****Nama**

: 1 Mega Widya Ramadhani 2

**NRP**

: 1 3113041026 2

**Judul Tugas Akhir**

: Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gununggari Surabaya menggunakan Konstruksi Baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok Honeycomb

**Dosen Pembimbing**

: Ir. Munarus Suluch, MS.

| No | Tanggal       | Tugas / Materi yang dibahas                                                                                 | Tanda tangan | Keterangan               |                          |                          |
|----|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4. | 17 Maret 2017 | *) Rubah balok anak menjadi profil WF dari balok I-bekas sehingga kebutuhan profil menjadi sedikit jenisnya |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Gambar detail sambungan dari berbagai potongan.                                                          |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Sambungan kolom beda profil diberi pelat pengisi                                                         |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Plat sambung pada profil balok sesuai ukuran plat badan.                                                 |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. | 22 Maret 2017 | *) Panjang pelat tambah sambungan balok kolom 0.5 x d o.l. 0.6 D.                                           |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Spasi dan jarak tepi sambungan dimudahkan angkanya agar mudah pelaksanaan                                |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Diameter baut diasahakan sama                                                                            |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Tinggi pedestal yang tertanam diasahakan.                                                                |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. | 7 April 2017  | *) Cek selisih berapa ton baja yang digunakan serta jumlah baut.                                            |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|    |               | *) Buat laporan redaksional dan gambar serta kerangka laporan.                                              |              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Ket.**

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



Ket :

B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal

## **KATA PENGANTAR**

Segala Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan Rahmat, Rezeki dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir Terapan ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sesuai dengan kurikulum yang berlaku.

Dengan selesainya Tugas Akhir Terapan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara kami yang selalu memberi dukungan baik moril maupun materiil.
2. Bapak Ir. Munarus Suluch., MS selaku dosen pembimbing.
3. Seluruh dosen pengajar dan karyawan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi-ITS.
4. Seluruh rekan-rekan mahasiswa dari Program Studi Diploma Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan semua pihak yang telah membantu selama kami menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.

Penyajian Tugas Akhir Terapan ini jauh dari sempurna karena masih banyak kekurangan baik materi dan pembahasan. Untuk itu kami mengharapkan adanya kritik maupun saran yang dapat menyempurnakan Tugas Akhir Terapan.

Akhir kata, kami berharap semoga Tugas Akhir Terapan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

**PERHITUNGAN STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG B RUSUNAWA  
GUNUNGSARI SURABAYA MENGGUNAKAN  
KONSTRUKSI BAJA SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS DENGAN BALOK *HONEYCOMB***

**Mahasiswa : Mega Widya Ramadhani**  
**NRP : 3113 041 026**  
**Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Munarus Suluch, MS.**

**ABSTRAK**

Saat ini konstruksi bangunan gedung bertingkat banyak didominasi oleh beton karena dianggap memiliki berbagai kelebihan. Namun beton memiliki kekurangan antara lain bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah, lemah terhadap kuat tarik, mempunyai bobot yang berat, dan pelaksanaan pekerjaan yang relatif lama. Dari kelemahan tersebut maka perlu adanya material yang mutunya tidak kalah dengan beton, antara lain baja. Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi, antara lain mempunyai kekuatan yang tinggi, keseragaman dan keawetan yang tinggi, daktilitas baja cukup tinggi, kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung las atau baut.

Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya merupakan gedung 5 lantai yang menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem struktur berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Oleh karena itu, penulis merencanakan kembali struktur dan metode pelaksanaan gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menjadi 10 lantai menggunakan konstruksi baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan balok induk berprofil *Honeycomb*.

Dari hasil perhitungan struktur didapatkan pelat lantai atap dan pelat lantai 2-10 tebal 9 cm dengan tulangan negatif *wiremesh* M5-150, balok anak lantai atap WF 300.150.6,5.9,

balok anak lantai 2-10 WF 400.200.8.13, pelat anak tangga dan pelat bordes tebal 9 cm dengan tulangan negatif *wiremesh* M5-150, balok utama tangga WF 300.150.6,5.9, balok penumpu bordes WF 300.150.6,5.9, balok penumpu lift WF 300.150.6,5.9, balok induk lantai atap HC 375.150.6,5.9, balok induk lantai 2-10 HC 500.200.8.13, kolom lantai 6-10 KC 450.300.11.18, kolom lantai 1-5 KC 500.300.11.18, dan pondasi tiang pancang mutu A1 diameter 500 mm dengan kedalaman 26 meter. Dari hasil perhitungan metode pelaksanaan dihasilkan urutan pekerjaan yang terdiri dari pekerjaan fabrikasi profil *honeycomb*, pekerjaan pemasangan kolom, pekerjaan pemasangan balok, pekerjaan pelat lantai, dan pekerjaan struktur tangga.

***Kata kunci:*** Perhitungan Struktur, Metode Pelaksanaan, Honeycomb, SRPMK



**CALCULATION OF STRUCTURAL AND  
CONSTRUCTION METHOD OF B BUILDING  
RUSUNAWA GUNUNGSARI SURABAYA USING  
STEEL CONSTRUCTION SPECIAL MOMENT  
FRAMES WITH HONEYCOMB BEAM**

**Student** : Mega Widya Ramadhani  
**NRP** : 3113 041 026  
**Departement** : Engineering Infrastructure Civil  
**Lecturer** : Ir. Munarus Suluch, MS.

**ABSTRACT**

Currently, high building construction is dominated by concrete because it is considered to have many advantages. But the concrete has deficiencies such as the shape that has been made difficult to change, weak to tensile strength, has a heavy weight, and the implementation of a relatively long work. From the weakness, it is necessary that there is a material of no less quality with concrete, such as steel. Some of the advantages of steel as construction materials, among others, have high strength, high uniformity and durability, high ductility steel, ease of connection between elements of one another using welding tools or bolts.

B building of Rusunawa Gunungsari Surabaya is a 5 story building that uses a reinforced concrete structure with a structural system is Intermediate Moment Frames. Therefore, the authors modiflicated the structure and construction method of B building Rusunawa Gunungsari Surabaya into 10 floors using steel construction of Special Moment Frames with Honeycomb beam.

From the calculation of the structure is obtained roof plate and floor plate level 2-10 thick 9 cm with negative reinforcement wiremesh M5-150, secondary beam of roof

level WF 300.150.6,5.9, secondary beam of 2-10 level WF 400.200.8.13, And 9 cm thick lace plate with negative reinforcement wiremesh M5-150, main beam of stair WF 300.150.6,5.9, supporting beam of landing WF 300.150.6,5.9, lift beam WF 300.150.6,5.9, primary beam of roof level HC 375.150.6.5.9, primary beam of 2-10 level HC 500.200.8.13, columns of 6-10 level KC 450.300.11.18, columns of 1-5 level KC 500.300.11.18, and the foundation of A1 diameter piles of diameter 500 mm with a depth of 26 meters. From the results of the calculation of the construction method generated a sequence of work consisting of the work of profile *honeycomb* fabrication, the work of mounting the column, the work of mounting the beam, the work of floor plates, and the work of the stair structure.

***Key words:*** *Calculation Structure, Construction Method, Honeycomb, SMF*

## DAFTAR ISI

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Halaman Judul .....     | i    |
| Lembar Pengesahan ..... | iii  |
| Kata Pengantar .....    | iv   |
| Abstrak .....           | v    |
| Daftar Isi .....        | ix   |
| Daftar Tabel .....      | xii  |
| Daftar Gambar .....     | xiii |

### BAB I PENDAHULUAN

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah ..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah ..... | 3 |
| 1.4 Tujuan .....          | 3 |
| 1.5 Manfaat .....         | 4 |

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....                     | 5  |
| 2.2 Profil Baja <i>Honeycomb</i> .....                           | 9  |
| 2.2.1 Desain Geometri Profil Baja <i>Honeycomb</i> .....         | 10 |
| 2.2.2 Keuntungan dan Kerugian Profil Baja <i>Honeycomb</i> ..... | 12 |
| 2.2.3 Model Kegagalan Profil Baja <i>Honeycomb</i> .....         | 13 |

### BAB III METODOLOGI

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 3.1 Umum .....                           | 17 |
| 3.2 Studi Literatur .....                | 17 |
| 3.3 Data Perencanaan .....               | 17 |
| 3.3.1 Data Umum Bangunan .....           | 17 |
| 3.3.2 Data Material .....                | 18 |
| 3.3.3 Data Tanah .....                   | 18 |
| 3.4 Permodelan Struktur Atas .....       | 19 |
| 3.4.1 <i>Preliminary Design</i> .....    | 19 |
| 3.4.2 Pembebanan Struktur Bangunan ..... | 20 |
| 3.4.3 Kombinasi Pembebanan .....         | 26 |
| 3.4.4 Analisa Gaya Dalam .....           | 26 |
| 3.5 Perhitungan Struktur Atas .....      | 27 |

|                                         |                                                      |     |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|
| 3.5.1                                   | Kontrol Sistem Struktur .....                        | 27  |
| 3.5.2                                   | Perhitungan Struktur Sekunder .....                  | 29  |
| 3.5.3                                   | Perhitungan Struktur Primer .....                    | 33  |
| 3.6                                     | Perhitungan Struktur Bawah .....                     | 41  |
| 3.6.1                                   | Perhitungan Tiang Pancang .....                      | 41  |
| 3.6.2                                   | Perhitungan Pile Cap .....                           | 44  |
| 3.6.3                                   | Perhitungan Sloof .....                              | 45  |
| 3.7                                     | Perhitungan Metode Pelaksanaan .....                 | 45  |
| 3.8                                     | Gambar Teknik .....                                  | 45  |
| <b>BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS</b> |                                                      |     |
| 4.1                                     | Umum .....                                           | 47  |
| 4.2                                     | Kontrol Sistem Struktur .....                        | 47  |
| 4.2.1                                   | Kontrol Partisipasi Massa .....                      | 47  |
| 4.2.2                                   | Penentuan Perioda Fundamental .....                  | 49  |
| 4.2.3                                   | Kontrol Geser Dasar Seismik .....                    | 49  |
| 4.2.4                                   | Kontrol Simpang Antar Lantai .....                   | 54  |
| 4.3                                     | Perhitungan Struktur Sekunder .....                  | 55  |
| 4.3.1                                   | Perhitungan Pelat Lantai .....                       | 55  |
| 4.3.2                                   | Perhitungan Balok Anak .....                         | 59  |
| 4.3.3                                   | Perhitungan Struktur Tangga .....                    | 69  |
| 4.3.4                                   | Perhitungan Balok Penumpu Lift .....                 | 83  |
| 4.4                                     | Perhitungan Struktur Primer .....                    | 88  |
| 4.4.1                                   | Perhitungan Balok Induk .....                        | 88  |
| 4.4.2                                   | Perhitungan Kolom .....                              | 112 |
| 4.4.3                                   | Perhitungan Sambungan Balok Anak – Balok Induk ..    | 127 |
| 4.4.4                                   | Perhitungan Sambungan Balok Induk – Kolom .....      | 136 |
| 4.4.5                                   | Perhitungan Sambungan Kolom – Kolom .....            | 147 |
| 4.4.6                                   | Perhitungan Base Plate .....                         | 170 |
| <b>BAB V PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH</b> |                                                      |     |
| 5.1                                     | Umum .....                                           | 175 |
| 5.2                                     | Perhitungan Tiang Pancang .....                      | 175 |
| 5.2.1                                   | Data Perencanaan .....                               | 175 |
| 5.2.2                                   | Perhitungan Daya Dukung Ijin Tanah .....             | 179 |
| 5.2.3                                   | Perhitungan Tiang Pancang pada Pondasi Eksterior ... | 180 |
| 5.2.4                                   | Perhitungan Tiang Pancang pada Pondasi Interior .... | 184 |

|                           |                                                   |     |
|---------------------------|---------------------------------------------------|-----|
| 5.3                       | Perhitungan Pile Cap .....                        | 187 |
| 5.3.1                     | Pile Cap pada Pondasi Eksterior .....             | 187 |
| 5.3.2                     | Pile Cap pada Pondasi Interior .....              | 198 |
| 5.4                       | Perhitungan Sloof .....                           | 209 |
| BAB VI METODE PELAKSANAAN |                                                   |     |
| 6.1                       | Umum .....                                        | 213 |
| 6.2                       | Data Perencanaan .....                            | 213 |
| 6.3                       | Perencanaan Site Plan .....                       | 213 |
| 6.4                       | Perencanaan Alur Pekerjaan .....                  | 214 |
| 6.4.1                     | Pekerjaan Fabrikasi Profil <i>Honeycomb</i> ..... | 214 |
| 6.4.2                     | Pekerjaan Pemaangan Kolom .....                   | 216 |
| 6.4.3                     | Pekerjaan Pemasangan Balok .....                  | 218 |
| 6.4.4                     | Pekerjaan Pelat Lantai .....                      | 220 |
| 6.4.5                     | Pekerjaan Struktur Tangga .....                   | 222 |
| BAB VII PENUTUP           |                                                   |     |
| 7.1                       | Kesimpulan .....                                  | 227 |
| DAFTAR PUSTAKA .....      |                                                   | xix |
| LAMPIRAN .....            |                                                   | xxi |

## DAFTAR TABEL

|                    |                                                                             |     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 3.1.</b>  | Beban Mati pada Pelat Lantai Atap .....                                     | 20  |
| <b>Tabel 3.2.</b>  | Beban Mati pada Pelat Lantai 2-10 .....                                     | 21  |
| <b>Tabel 3.3.</b>  | Beban Hidup .....                                                           | 21  |
| <b>Tabel 3.4.</b>  | Perhitungan $N$ .....                                                       | 23  |
| <b>Tabel 3.5.</b>  | Perioda dan Spektrum Respons Percepatan .....                               | 25  |
| <b>Tabel 4.1.</b>  | Nilai Partisipasi Massa .....                                               | 48  |
| <b>Tabel 4.2.</b>  | Beban Lantai Atap .....                                                     | 50  |
| <b>Tabel 4.3.</b>  | Beban Lantai 7-10 .....                                                     | 51  |
| <b>Tabel 4.4.</b>  | Beban Lantai 6 .....                                                        | 51  |
| <b>Tabel 4.5.</b>  | Beban Lantai 1-5 .....                                                      | 52  |
| <b>Tabel 4.6.</b>  | Rekapitulasi Beban Seismik Efektif .....                                    | 52  |
| <b>Tabel 4.7.</b>  | Geser Dasar Respons ( $V_i$ ) .....                                         | 53  |
| <b>Tabel 4.8.</b>  | Geser Dasar Respons ( $V_i$ ) setelah Diperbesar<br>Faktor Pembesaran ..... | 54  |
| <b>Tabel 4.9.</b>  | Kontrol Simpangan Antar Lantai Sumbu X .....                                | 55  |
| <b>Tabel 4.10.</b> | Kontrol Simpangan Antar Lantai Sumbu Y .....                                | 55  |
| <b>Tabel 4.11.</b> | Beban Berguna Pelat Lantai Atap .....                                       | 56  |
| <b>Tabel 4.12.</b> | Beban Berguna Pelat Lantai 2-10 .....                                       | 58  |
| <b>Tabel 4.13.</b> | Dimensi Balok Anak Lantai Atap .....                                        | 59  |
| <b>Tabel 4.14.</b> | Dimensi Balok Anak Lantai 2-10 .....                                        | 64  |
| <b>Tabel 4.15.</b> | Data Perencanaan Tangga .....                                               | 69  |
| <b>Tabel 4.16.</b> | Beban Berguna Pelat Anak Tangga dan Bordes .....                            | 71  |
| <b>Tabel 4.17.</b> | Dimensi Balok Utama Tangga .....                                            | 73  |
| <b>Tabel 4.18.</b> | Dimensi Balok Penumpu Bordes .....                                          | 80  |
| <b>Tabel 4.19.</b> | Dimensi Balok Penumpu Lift .....                                            | 84  |
| <b>Tabel 4.20.</b> | Dimensi Balok Induk Melintang Lantai Atap ....                              | 89  |
| <b>Tabel 4.21.</b> | Dimensi Balok Induk Memanjang Lantai Atap ..                                | 95  |
| <b>Tabel 4.22.</b> | Dimensi Balok Induk Melintang Lantai 2-10...                                | 101 |
| <b>Tabel 4.23.</b> | Dimensi Balok Induk Memanjang Lantai 2-10..                                 | 107 |
| <b>Tabel 4.24.</b> | Dimensi Kolom Lantai 6-10 .....                                             | 113 |
| <b>Tabel 4.25.</b> | Dimensi Kolom Lantai 1-5 .....                                              | 120 |
| <b>Tabel 5.1.</b>  | Koordinat Tiang Pancang Pondasi Eksterior ...                               | 182 |
| <b>Tabel 5.2.</b>  | Koordinat Tiang Pancang Pondasi Interior .....                              | 186 |

## DAFTAR GAMBAR

|                     |                                                            |    |
|---------------------|------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1 .</b> | a. Lokasi berpotensi sendi plastis .....                   | 6  |
|                     | b. <i>Ductile beam sway mechanism</i> .....                | 6  |
|                     | c. <i>Non-ductile column sway mechanism</i> .....          | 6  |
| <b>Gambar 2.2.</b>  | Pembuatan profil baja <i>Honeycomb</i> .....               | 9  |
| <b>Gambar 2.3.</b>  | Bagian – bagian dari Profil Baja <i>Honeycomb</i> ...      | 10 |
| <b>Gambar 2.4.</b>  | Geometri profil baja <i>Honeycomb</i> .....                | 10 |
| <b>Gambar 2.5.</b>  | <i>Parallelogram mechanism</i> .....                       | 14 |
| <b>Gambar 2.6.</b>  | Putusnya sambungan las .....                               | 15 |
| <b>Gambar 2.7.</b>  | Tekuk pelat badan akibat geser .....                       | 15 |
| <b>Gambar 3.1.</b>  | Permodelan struktur bangunan gedung yang<br>ditinjau ..... | 19 |
| <b>Gambar 3.2.</b>  | Pondasi tiang pancang grup .....                           | 43 |
| <b>Gambar 4.1.</b>  | Penulangan pelat lantai atap .....                         | 57 |
| <b>Gambar 4.2.</b>  | Penulangan pelat lantai 2-10 .....                         | 59 |
| <b>Gambar 4.3.</b>  | Potongan penampang balok anak atap .....                   | 60 |
| <b>Gambar 4.4.</b>  | Balok anak lantai atap yang ditinjau .....                 | 60 |
| <b>Gambar 4.5.</b>  | Model beban pada balok anak lantai atap .....              | 61 |
| <b>Gambar 4.6.</b>  | Gambar mekanika balok anak lantai atap .....               | 61 |
| <b>Gambar 4.7.</b>  | Potongan penampang balok anak lantai .....                 | 65 |
| <b>Gambar 4.8.</b>  | Balok anak lantai 2-10 yang ditinjau .....                 | 65 |
| <b>Gambar 4.9.</b>  | Model beban pada balok anak lantai 2-10 .....              | 66 |
| <b>Gambar 4.10.</b> | Gambar mekanika balok anak lantai 2-10 .....               | 66 |
| <b>Gambar 4.11.</b> | Denah tangga .....                                         | 70 |
| <b>Gambar 4.12.</b> | Penulangan pelat anak tangga dan bordes .....              | 72 |
| <b>Gambar 4.13.</b> | Potongan penampang balok utama tangga .....                | 73 |
| <b>Gambar 4.14.</b> | Potongan dan mekanika teknik balok utama<br>tangga .....   | 74 |
| <b>Gambar 4.15.</b> | Potongan penampang balok penumpu bordes..                  | 80 |
| <b>Gambar 4.16.</b> | Gambar mekanika balok bordes .....                         | 81 |
| <b>Gambar 4.17.</b> | Spesifikasi lift .....                                     | 84 |
| <b>Gambar 4.18.</b> | Potongan penampang balok penumpu lift .....                | 85 |
| <b>Gambar 4.19.</b> | Gambar mekanika balok penumpu lift .....                   | 85 |

|                     |                                                            |     |
|---------------------|------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.20.</b> | Potongan penampang balok induk melintang lantai atap ..... | 89  |
| <b>Gambar 4.21.</b> | Balok induk melintang lantai atap yang ditinjau .....      | 90  |
| <b>Gambar 4.22.</b> | Gaya dalam balok induk menlintang lantai atap .....        | 90  |
| <b>Gambar 4.23.</b> | Potongan penampang balok induk memanjang lantai atap ..... | 95  |
| <b>Gambar 4.24.</b> | Balok induk memanjang lantai atap yang ditinjau .....      | 96  |
| <b>Gambar 4.25.</b> | Gaya dalam balok induk memanjang lantai atap .....         | 96  |
| <b>Gambar 4.26.</b> | Potongan penampang balok induk melintang lantai 2-10 ..... | 101 |
| <b>Gambar 4.27.</b> | Balok induk melintang lantai2-10 yang ditinjau .....       | 102 |
| <b>Gambar 4.28.</b> | Gaya dalam balok induk menlintang lantai 2-10 .....        | 102 |
| <b>Gambar 4.29.</b> | Potongan penampang balok induk memanjang lantai 2-10 ..... | 107 |
| <b>Gambar 4.30.</b> | Balok induk memanjang lantai2-10 yang ditinjau .....       | 108 |
| <b>Gambar 4.31.</b> | Gaya dalam balok induk memanjang lantai 2-10 .....         | 108 |
| <b>Gambar 4.32.</b> | Potongan penampang kolom lantai 6-10 .....                 | 113 |
| <b>Gambar 4.33.</b> | Kolom lantai 6-10 yang ditinjau .....                      | 114 |
| <b>Gambar 4.34.</b> | Gaya dalam kolom Lt.6-10 kombinasi non lateral .....       | 115 |
| <b>Gambar 4.35.</b> | Gaya dalam kolom Lt.6-10 kombinasi lateral. ....           | 115 |
| <b>Gambar 4.36.</b> | Potongan penampang kolom lantai 1-5 .....                  | 120 |
| <b>Gambar 4.37.</b> | Kolom lantai 1-5 yang ditinjau .....                       | 121 |
| <b>Gambar 4.34.</b> | Gaya dalam kolom Lt.1-5 kombinasi non lateral .....        | 122 |
| <b>Gambar 4.35.</b> | Gaya dalam kolom Lt.1-5 kombinasi lateral ..               | 122 |



|                     |                                                                              |     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.40.</b> | Sambungan balok anak atap - balok induk atap .....                           | 127 |
| <b>Gambar 4.41.</b> | Detail sambungan balok anak atap – balok induk atap .....                    | 131 |
| <b>Gambar 4.42.</b> | Sambungan balok anak lt.2-10 – balok induk lt.2-10 .....                     | 132 |
| <b>Gambar 4.43.</b> | Detail sambungan balok anak lt.2-10 – balok induk lt.2-10 .....              | 135 |
| <b>Gambar 4.44.</b> | Sambungan balok induk atap memanjang –kolom .....                            | 136 |
| <b>Gambar 4.45.</b> | Gaya akibat momen pada sambungan balok induk atap memanjang – kolom .....    | 139 |
| <b>Gambar 4.46.</b> | Detail sambungan balok induk atap – kolom .                                  | 141 |
| <b>Gambar 4.47.</b> | Sambungan balok induk lt.2-10 memanjang – kolom .....                        | 142 |
| <b>Gambar 4.48.</b> | Gaya akibat momen pada sambungan balok induk lt.2-10 memanjang – kolom ..... | 145 |
| <b>Gambar 4.49.</b> | Detail sambungan balok indukl.2-10–kolom.                                    | 147 |
| <b>Gambar 4.50.</b> | Sambungan antar kolom KC 450.300.11.18 yang ditinjau .....                   | 148 |
| <b>Gambar 4.51.</b> | Gaya dalam sambungan antar kolom KC 450.300.11.18 .....                      | 149 |
| <b>Gambar 4.52.</b> | Koordinat baut pada pelat badan sambungan antar kolom KC 450.300.11.18 ..... | 153 |
| <b>Gambar 4.53.</b> | Detail sambungan kolom KC 450.300.11.18...                                   | 155 |
| <b>Gambar 4.54.</b> | Sambungan antar kolom KC 500-300.11.18 yang ditinjau.....                    | 156 |
| <b>Gambar 4.55.</b> | Gaya dalam sambungan antar kolom KC 500.300.11.18 .....                      | 156 |
| <b>Gambar 4.56.</b> | Koordinat baut pada pelat badan sambungan antar kolom KC 500.300.11.18 ..... | 161 |
| <b>Gambar 4.57.</b> | Detail sambungan kolom KC 500.300.11.18...                                   | 162 |
| <b>Gambar 4.58.</b> | Sambungan kolom KC 450.300.11.18 - KC 500.300.11.18 yang ditinjau .....      | 163 |

|                     |                                                                                       |     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.59.</b> | Gaya dalam sambungan kolom<br>KC 450.300.11.18 – KC 500.300.11.18 .....               | 163 |
| <b>Gambar 4.60.</b> | Koordinat baut pada pelat badan sambungan<br>kolom KC450.300.11.18–KC500.300.11.18 .. | 168 |
| <b>Gambar 4.61.</b> | Detail sambungan kolom KC 500.300.11.18<br>– kolom KC 450.300.11.18 .....             | 170 |
| <b>Gambar 4.62.</b> | Detail <i>base plate</i> .....                                                        | 174 |
| <b>Gambar 5.1.</b>  | Denah tiang pancang .....                                                             | 175 |
| <b>Gambar 5.2.</b>  | Potongan tiang pancang pada pondasi<br>eksterior .....                                | 181 |
| <b>Gambar 5.3.</b>  | Koordinat tiang pancang pada pondasi<br>eksterior .....                               | 182 |
| <b>Gambar 5.4.</b>  | Potongan tiang pancang pada pondasi<br>interior .....                                 | 184 |
| <b>Gambar 5.5.</b>  | Koordinat tiang pancang pada pondasi<br>interior .....                                | 185 |
| <b>Gambar 5.6.</b>  | Mekanika teknik pada pile cap eksterior<br>arah x .....                               | 192 |
| <b>Gambar 5.7.</b>  | Mekanika teknik pada pile cap eksterior<br>arah y .....                               | 195 |
| <b>Gambar 5.8.</b>  | Penulangan pile cap pada pondasi eksterior ...                                        | 198 |
| <b>Gambar 5.9.</b>  | Mekanika teknik pada pile cap interior<br>arah x .....                                | 203 |
| <b>Gambar 5.10.</b> | Mekanika teknik pada pile cap interior<br>arah y .....                                | 206 |
| <b>Gambar 5.11.</b> | Penulangan pile cap pada pondasi interior ....                                        | 209 |
| <b>Gambar 5.12.</b> | Diagram interaksi aksial vs momen pada<br>sloof .....                                 | 211 |
| <b>Gambar 5.13.</b> | Detail penulangan sloof .....                                                         | 212 |
| <b>Gambar 6.1.</b>  | Proses pemotongan dengan zigzag profil WF.                                            | 214 |
| <b>Gambar 6.2.</b>  | Proses mengangkat potongan WF atas.....                                               | 215 |
| <b>Gambar 6.3.</b>  | Proses penyambungan bagian atas dan<br>bagian bawah .....                             | 215 |
| <b>Gambar 6.4.</b>  | Proses perapian tepi profil <i>Honeycomb</i> .....                                    | 216 |
| <b>Gambar 6.5.</b>  | Pekerjaan pengangkatan kolom .....                                                    | 217 |

|                     |                                               |     |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 6.6.</b>  | Pekerjaan penyambungan kolom .....            | 217 |
| <b>Gambar 6.7.</b>  | Pengecekan kelurusan kolom .....              | 218 |
| <b>Gambar 6.8.</b>  | Pekerjaan pengangkatan balok .....            | 219 |
| <b>Gambar 6.9.</b>  | Pekerjaan penyambungan balok .....            | 219 |
| <b>Gambar 6.10.</b> | Pekerjaan pemasangan bondek .....             | 220 |
| <b>Gambar 6.11.</b> | Pekerjaan pemasangan tulangan negatif .....   | 221 |
| <b>Gambar 6.12.</b> | Pekerjaan bekisting tepi pelat lantai .....   | 221 |
| <b>Gambar 6.13.</b> | Pekerjaan pengecoran menggunakan bucket ..    | 222 |
| <b>Gambar 6.14.</b> | Pekerjaan perataan pelat lantai .....         | 222 |
| <b>Gambar 6.15.</b> | Pekerjaan peletakan tulangan negatif tangga.. | 224 |
| <b>Gambar 6.16.</b> | Pekerjaan bekisting tangga .....              | 224 |
| <b>Gambar 6.17.</b> | Pekerjaan pengecoran tangga .....             | 225 |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini konstruksi bangunan gedung bertingkat banyak didominasi oleh beton karena dianggap memiliki berbagai kelebihan. Namun beton memiliki kekurangan antara lain bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah, lemah terhadap kuat tarik, mempunyai bobot yang berat, dan pelaksanaan pekerjaan yang relatif lama. Dari kelemahan tersebut maka perlu adanya material yang mutunya tidak kalah dengan beton, antara lain baja. Material baja sebagai bahan konstruksi telah digunakan sejak lama mengingat beberapa keunggulannya dibandingkan material yang lain. Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi, antara lain mempunyai kekuatan yang tinggi, keseragaman dan keawetan yang tinggi, daktilitas baja cukup tinggi, kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung las atau baut.

Dibandingkan dengan profil baja biasa, balok *Honeycomb* bisa menjadi solusi praktis dalam pengerjaan konstruksi, karena karakteristiknya yang cukup menguntungkan. Balok *Honeycomb* adalah profil baja H atau I yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Penyambungan setengah profil dilakukan dengan cara di las pada bagian “gigi-giginya” sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*).

Dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi diharuskan memperhatikan beban gempa. Berdasarkan hal ini setiap bangunan yang akan dibuat baik yang berada di atas permukaan tanah maupun yang berada di bawah permukaan tanah harus memasukkan resiko gempa di dalam perencanaannya. Syarat dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah stabil, kuat, dan kaku antar sambungannya. Pada dasarnya beban gempa

adalah beban lateral yang bersifat siklik (bolak-balik) sehingga struktur harus diberi pengaku untuk menahannya. Ada beberapa sistem struktur tahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Dalam sebuah proyek pembangunan dibutuhkan suatu metode pelaksanaan. Metode pelaksanaan adalah cara untuk mengatur atau menata sebuah proyek agar bisa berjalan sesuai dengan perencanaan. Metode pelaksanaan ini sangat dibutuhkan dalam pembangunan demi mengatur kelancaran pelaksanaan dan juga untuk mengatur pengeluaran sebuah proyek pembangunan.

Penulis mengambil bangunan gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya sebagai objek Tugas Akhir Terapan. Gedung ini merupakan gedung 5 lantai yang menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem struktur berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Oleh karena itu, penulis merencanakan kembali struktur dan metode pelaksanaan gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menjadi 10 lantai menggunakan konstruksi baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan balok induk berprofil *Honeycomb*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, perumusan masalah yang akan ditinjau dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan “Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan Konstruksi Baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb*” adalah :

1. Bagaimana merencanakan struktur pada Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan konstruksi baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb*.
2. Bagaimana merencanakan metode pelaksanaan pada Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb*.

### 1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah diatas, batasan masalah yang diambil untuk perencanaan struktur pada Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan konstruksi baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb* adalah :

1. Tidak memperhitungkan sistem sinitasi dan instalasi listrik dan plumbing dari segi arsitektural.

Batasan masalah yang diambil untuk perencanaan metode pelaksanaan pada Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb* adalah :

1. Tidak memperhitungkan anggaran biaya dan penjadwalan.
2. Alur pekerjaan hanya pada bangunan atas.

### 1.4 Tujuan

Dalam Tugas Akhir Terapan “Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan Konstruksi Baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb*” dimaksudkan untuk mencapai beberapa tujuan, antara lain:

1. Mampu merencanakan struktur pada Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb*.
2. Mampu merencanakan metode pelaksanaan pada Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb*.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas Akhir Terapan ini yaitu:

1. Untuk meningkatkan kemampuan dalam perencanaan struktur baja bangunan gedung sesuai dengan fungsi bangunan, kategori desain seismik, dan aturan perencanaan sesuai dengan peraturan yang digunakan.

Untuk meningkatkan kemampuan dalam perencanaan metode pelaksanaan bangunan gedung baja sesuai dengan perencanaan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

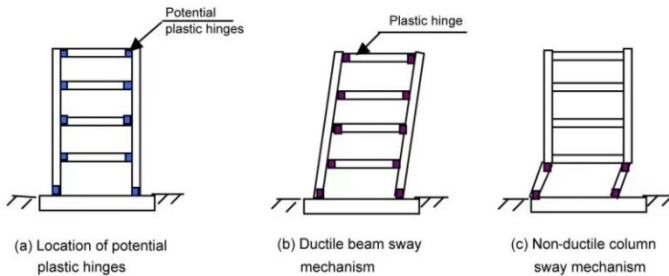
#### 2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah desain struktur dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas tinggi). Karena struktur SRPMK memiliki sifat fleksibel dengan daktilitas yang tinggi, sehingga bisa direncanakan dengan gaya gempa rencana yang minimum. Kekuatan dan kekakuan dari struktur juga harus diperhatikan untuk mampu menahan beban rencana, baik beban gravitasi maupun angin dan gempa, dan juga struktur harus menghasilkan *story drift* yang sesuai dengan batasan peraturan. Struktur SPRMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktail. Prinsip ini terdiri dari tiga, yaitu:

- a. *Strong-Column/weak-beam* yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai.

Gedung saat dilanda gempa yang cukup besar, akan timbul momen-momen pada balok atau kolomnya, apabila besar dari momen-momen tersebut melampaui besar momen kapasitas balok atau kolom portal, maka terjadi sendi plastis pada balok atau kolom. Sendi plastis terjadi secara bertahap sampai bangunan gedung tersebut runtuh. (Ulfah ,2011). Pada saat struktur mengalami gaya lateral gempa, distribusi kerusakan sepanjang ketinggian bangunan bergantung pada distribusi *lateral story drift* (simpangan antar lantai). Jika struktur memiliki kolom yang lemah, simpangan antar lantai akan cenderung terpusat pada satu lantai (a). Sebaliknya jika kolom sangat kuat, maka drift akan tersebar merata, dan keruntuhan lokal di satu lantai

dapat diminimalkan (c dan b). Sebagai contoh dapat dilihat pada perencanaan *Strong-Column/Weak-Beam*.



**Gambar 2.1.** a. Lokasi berpotensi sendi plastis  
b. *Ductile beam sway mechanism*  
c. *Non-ductile column sway mechanism*

- b. Tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan joint.

Respon yang bersifat daktail diharapkan terjadi pada balok, dan pada saat yang sama tidak boleh terjadi keruntuhan geser. Keruntuhan geser, khususnya pada kolom, sangat fatal bagi struktur karena kolom pada satu lantai menumpu semua lantai di atasnya. Dalam ketentuan SRPMK keruntuhan geser dihindari dengan pendekatan desain kapasitas. Gaya geser yang diperhitungkan bukan hanya berasal dari gaya geser akibat beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) tetapi mempertimbangkan beban geser yang berasal dari kapasitas momen maksimum balok pada saat balok mengalami *yielding*.

- c. Menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktail.

Detailing diperlukan untuk memastikan bahwa pada saat gempa besar, struktur akan berperilaku daktail seperti yang direncanakan. Pada umumnya detailing akan menambah biaya struktur cukup signifikan untuk struktur yang didesain memiliki daktilitas tinggi. Detailing yang akan di rencanakan berupa:

- Sambungan yaitu sambungan di desain kuat sehingga mencegah terjadinya leleh atau fraktur
- Pengaku penampang yaitu memberikan pengaku untuk mencegah terjadinya tekuk pada pelat sayap atau badan.
- Pengaku elemen yaitu memberikan pengaku berupa menambah balok pada daerah bentang panjang untuk mencegah tekuk torsi lateral.

Moestopo (2012) juga mengatakan selain daktilitas bahan baja yang harus dijamin spesifikasinya, perlu juga dijamin tercapainya:

- a. Daktilitas penampang : momen kurvatur ideal mencapai  $M_p$  tanpa terjadi tekuk pada penampang
- b. Daktilitas elemen : momen defleksi/ rotasi ideal mencapai  $M_p$  tanpa terjadi tekuk torsi lateral.
- c. Daktilitas struktur : struktur mampu mencapai kekuatan batas tanpa terjadi ketidakstabilan struktur.

Untuk dijamin tercapainya ketiga persyaratan diatas maka komponen elemen lentur harus mencapai momen plastis sebelum terjadi keruntuhan yang dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$M_n = M_p$$

$$M_{nx} = Z_x \cdot F_y$$

$$M_{ny} = Z_y \cdot F_y$$

dimana :

$$M_n = \text{kuat lentur nominal}$$

$$M_p = \text{momen plastis}$$

$$Z_x = \text{modulus plastis penampang arah-x}$$

$$Z_y = \text{modulus plastis penampang arah-y}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

Menurut Moestopo (2012) ada beberapa parameter dalam desain sambungan SRPMK:

- a. Lokasi Sendi Plastis
- b. Momen maksimum yang mungkin terjadi di lokasi sendi plastis, yang ditentukan oleh: kekuatan bahan, strain hardening, kekangan setempat, perkuatan, atau kondisi sambungan lainnya.
- c. Parameter mekanisme leleh pada pelat sayap kolom.
- d. Konfigurasi baut, yang akan ikut mekanisme kelelahan kekuatan batas sambungan terhadap sobek pelat, dan tekuk pada pelat.

Harus dilakukan pengecekan desain sambungan terhadap berbagai kondisi batas yang harus dihadapi oleh sambungan (pelat penyambung dan baut) antara lain:

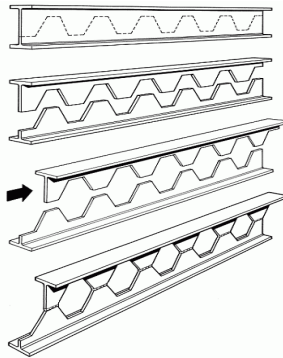
- a. Leleh pada sayap kolom
- b. Tekuk pelat badan kolom
- c. Leleh pelat ujung balok
- d. Sobek pelat
- e. Tekuk dan leleh pada zona panel kolom

Kemampuan sambungan sebagai alat sambung elemen pemikul beban gempa harus dibuktikan melalui salah satu metoda berikut:

- a. Uji kualifikasi terhadap benda uji yang mempresentasikan sambungan yang didesain:
  - Melakukan uji siklik sesuai dengan ketentuan Apendix S.
  - Menggunakan hasil uji dari laporan penelitian yang telah dilakukan.
- b. Menggunakan ketentuan dalam ANSI/AISC 358 – 10: *“Prequalified Connection for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”*

## 2.2 Profil Baja *Honeycomb*

Profil baja *Honeycomb* adalah profil baja H, I, atau U yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola *zig-zag*. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Penyambungan setengah profil dilakukan dengan cara di las pada bagian “gigi-giginya” sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*) sehingga menghasilkan modulus penampang yang lebih besar. Gambar dari pemotongan profil baja *Honeycomb* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini:



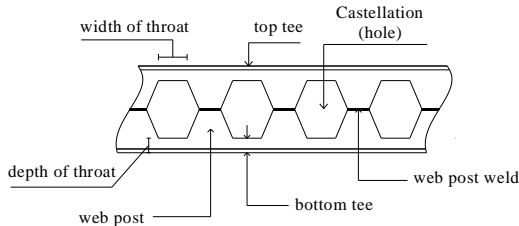
**Gambar 2.2.** Pembuatan profil baja *Honeycomb*

Berbagai istilah berikut ini merupakan bagian dari profil baja *Honeycomb*, yaitu:

- *Web post* : area solid pada profil baja *Honeycomb*.
- *Castellation* : lubang pada profil baja *Honeycomb*.
- *Width of throat* : panjang “gigi” potongan
- *Depth of Throat* : tinggi bagian solid dari pelat badan, diukur dari bagian terluar lubang hingga ke sayap profil.

- *Expansion percentage* : persentase perubahan tinggi penampang dari profil asli menjadi profil baja *Honeycomb*.

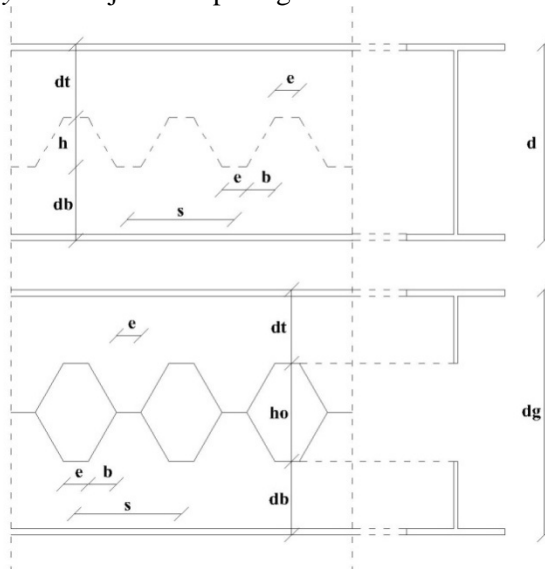
Bagian – bagian dari profil baja *Honeycomb* dapat dilihat pada Gambar 2.3:



**Gambar 2.3.** Bagian – bagian dari Profil Baja *Honeycomb*

### 2.2.1 Desain Geometri Profil Baja *Honeycomb*

Untuk menentukan geometri dari profil baja *Honeycomb* dijelaskan pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.4.** Geometri profil baja *Honeycomb*

Dalam mendesain geometri dari profil baja *Honeycomb* diperlukan faktor peninggian rencana ( $\alpha$ ) dalam persen dan sudut pemotongan rencana ( $\phi$ ) dalam satuan derajat. Penentuan geometri profil baja *Honeycomb* dirumuskan sebagai berikut:

$$d_g = (100\% + \alpha) \cdot d$$

$$h_o = d \cdot (2\alpha)$$

$$d_t = (d_g - h_o)/2$$

$$b = \left(\frac{h_o}{2}\right) \cdot \tan\phi$$

$$e = 0,25 \cdot h_o$$

$$a_o = e + 2 \cdot b$$

$$s = 2 \cdot (b + e)$$

$$A = \text{Luas pada penampang berlubang}$$

$$I_x = \text{Momen inersia sumbu x pada penampang berlubang}$$

$$I_y = \text{Momen inersia sumbu y pada penampang berlubang}$$

$$r_x = I_x/A$$

$$r_y = I_y/A$$

$$Z_x = \text{Modulus plastis sumbu x pada penampang berlubang}$$

$$Z_y = \text{Modulus plastis sumbu y pada penampang berlubang}$$

keterangan :

$d$  = Tinggi profil awal WF atau I.

$d_g$  = Tinggi profil baja *Honeycomb*.

$d_t$  = Tinggi penampang T atas.

$b$  = Lebar kemiringan lubang.

$e$  = Panjang dari bidang yang disambung.

### 2.2.2 Keuntungan dan Kerugian Profil Baja *Honeycomb*

Kelebihan profil baja *Honeycomb* antara lain sebagai berikut:

- a. Dengan lebar profil yang lebih tinggi menghasilkan momen inersia dan modulus penampang yang lebih besar, sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. (Megharief, J.D. 1997 dan Grunbauer, J. 2001)
- b. Dengan tegangan ijin yang lebih kecil mampu memikul momen yang lebih besar. (Megharief, J. D. 1997 dan Grunbauer, J. 2001)
- c. Bahannya ringan, kuat, dan mudah dipasang. (Megharief, J. D. 1997 dan Grunbauer, J. 2001)
- d. Profil baja *Honeycomb* juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan profil baja *Honeycomb* pada atap dapat mencapai 10-50 meter dan bila digunakan sebagai pelat 12-25 meter). Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi serta mengurangi biaya *erection* (pengangkatan). (Dougherty 1993)
- e. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi dan bangunan perindustrian. (Amayreh, L. dan M.P. Saka 2005)

Kekurangan dari profil baja *Honeycomb* adalah sebagai berikut:

- a. Profil baja *Honeycomb* kurang tahan api, sehingga harus ditambah lapisan tahan api 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya. (Grubauer, J. 2001)
- b. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih pelat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grubauer, J. 2001).
- c. Pada ujung-ujung bentang (di sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentration*). (Amayreh, L. dan M.P. Saka 2005)



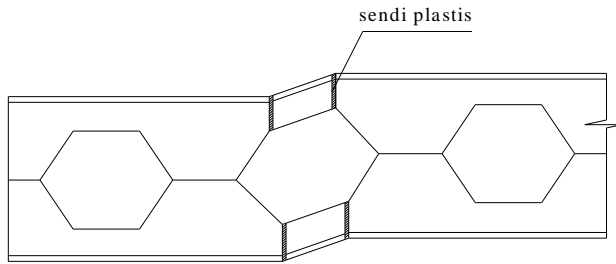
- d. Profil baja *Honeycomb* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat. (Amayreh, L. dan M.P. Saka 2005).

### 2.2.3 Model Kegagalan Profil Baja *Honeycomb*

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kerdal dan Nethercort pada tahun 1994, model kegagalan profil baja *Honeycomb* antara lain sebagai berikut:

- a. Mekanisme geser atau *Vierendeel*

Altifillisch (1957) dan Toprac dan Cook (1959) menyatakan bahwa mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang cukup tinggi pada balok. Sendi plastis terjadi pada ujung lubang dapat merubah bentuk bagian T (*tee section*) menjadi seperti jajargenjang (*parallelogram*). Balok bentang pendek dengan las yang panjang dan penampang T yang pendek sangat rentan terhadap kegagalan ini. Bentang yang pendek dapat menerima beban yang lebih besar yang memicu terjadinya geser. Ketika profil baja *Honeycomb* terkena geser, maka penampang T atas dan bawah lubang harus mampu menahan geser, serta menahan momen primer dan sekunder. Momen primer biasanya terjadi pada penampang melintang balok, dan momen sekunder yang dikenal sebagai *vierendeel moment*, merupakan akibat dari gaya geser yang terjadi di sepanjang lubang. Saat panjang dari lubang mengecil maka besarnya momen sekunder juga akan mengecil. Lokasi kegagalan ini akan terjadi pada lubang yang menerima gaya geser terbesar. Gambar dari kegagalan ini terlihat seperti Gambar 2.5 berikut ini:



**Gambar 2.5.** *Parallelogram mechanism*

b. Mekanisme lentur

Toprack dan Cook (1959) dan Halleux (1967) menyimpulkan bahwa titik leleh yang terjadi pada bagian T (*tee section*) bagian atas dan bawah pada lubang profil baja *Honeycomb* hampir sama dengan profil WF solid.  $M_p = Z' \times f_t$  ; dimana  $Z'$  adalah modulus plastis yang diambil melalui garis tengah vertikal pada lubang.

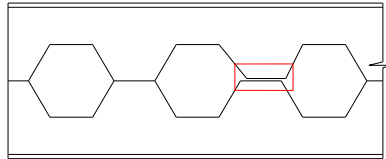
c. Tekuk lateral torsi pada pelat badan

Tekuk lateral torsi pada pelat badan profil solid biasanya terjadi pada balok bentang panjang yang tidak memiliki penahan lateral yang cukup untuk menahan tekan pada sayap. Kegagalan ini disebabkan oleh kurangnya kekakuan torsi pada balok, sebagai hasil dari tinggi dan kelangsingan penampang. Kerdal dan Nethercort (1982) menyimpulkan bahwa pada tekuk lateral torsi dari balok, efek lubang pada profil dapat diabaikan. Sehingga tekuk lateral torsi pada profil baja *Honeycomb* dapat direncanakan sama seperti pada pelat badan solid dengan menyesuaikan penampangnya.

d. Putusnya sambungan las

Husain dan Speirs (1971) menyatakan bahwa las pada jarak antara lubang yang satu dengan yang lainnya ( $e$ ) dapat mengalami putus ketika tegangan geser

horizontal melebihi kekuatan leleh dari pengelasannya. Gambar dari kegagalan ini terlihat pada Gambar 2.6 berikut ini:



**Gambar 2.6.** Putusnya sambungan las

Dougherty (1993) menyatakan bahwa panjang horizontal pada lubang berbanding lurus dengan panjang pengelasan dan ketika panjang horizontal dikurangi untuk mengurangi momen sekunder, maka bagian yang disambung dengan las menjadi lebih rentan terjadi kegagalan. Mekanisme *vierendeel* biasanya terjadi pada balok – balok yang mempunyai jarak lubang horizontal yang cukup panjang sehingga mempunyai panjang las yang lebih panjang.

e. Tekuk pelat badan akibat geser

Gaya geser yang terjadi di pelat badan akibat adanya tegangan tarik dan tekan pada pelat badan mengakibatkan pembungkukan ujung – ujung balok baja berprofil *Honeycomb*. Gambar dari kegagalan ini dapat dilihat di Gambar 2.7 sebagai berikut ini:



**Gambar 2.7.** Tekuk pelat badan akibat geser

- f. Tekuk pelat badan akibat tekan  
Toprack dan Cook (1959) dan Husain dan Speirs (1973) menyatakan bahwa kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan pada pelat badan. Kegagalan ini dapat dicegah dengan memperkuat pengaku untuk menahan gaya tersebut.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Umum**

Pada bab ini akan menjelaskan langkah perhitungan struktur dan metode pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* agar memenuhi kriteria sesuai fungsi dan kelayakan yang dibutuhkan.

### **3.2 Studi Literatur**

Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari buku–buku pustaka, jurnal, atau studi penelitian terdahulu yang dapat digunakan untuk perhitungan gedung seperti :

- a. *Journal of Structural Engineering Volume 118 no 12* dari *American Society of Civil Engineers* (ASCE) 1992.
- b. *Castellated Beam-New Developments* dari J.P.Boyer 1964.
- c. *Failure Load Prediction Of Castellated Beams Using Artificial Neural Networks* dari Amayreh. L dan M. P. Saka 2005.
- d. Buku *Daya Dukung Pondasi Dalam* (Herman Wahjudi).

### **3.3 Data Perencanaan**

#### **3.3.1 Data Bangunan**

Diketahui data umum awal bangunan gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya adalah sebagai berikut :

|                 |                                         |
|-----------------|-----------------------------------------|
| Nama Gedung     | : Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya |
| Lokasi Proyek   | : Jalan Gunungsari Raya, Surabaya       |
| Fungsi          | : Rumah susun                           |
| Jumlah Lantai   | : 5 Lantai                              |
| Tinggi Bangunan | : 23,8 meter                            |
| Struktur Utama  | : Beton bertulang                       |

Sistem Struktur : Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)

Bangunan ini dimodifikasi menjadi bangunan konstruksi baja menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok profil *Honeycomb* pada balok induk serta jumlah lantai menjadi 10 lantai. Data umum modifikasi bangunan yang ditinjau sebagai berikut:

Nama Gedung : Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya  
 Lokasi Proyek : Jalan Gunungsari Raya, Surabaya  
 Fungsi : Rumah susun  
 Jumlah Lantai : 10 Lantai  
 Tinggi Bangunan : 40 meter  
 Struktur Utama : Baja dengan balok anak profil WF, balok induk profil *Honeycomb*, dan kolom profil *Kingcross*  
 Sistem Struktur : Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)

### 3.3.2 Data Material

Spesifikasi dan mutu material yang digunakan dalam perencanaan sebagai berikut :

Mutu Baja : BJ-41  
 $F_y$  : 250 Mpa  
 $F_u$  : 410 Mpa  
 $E$  : 200000 Mpa  
 Mutu Beton : K-300  
 $f'_c$  : 25 Mpa

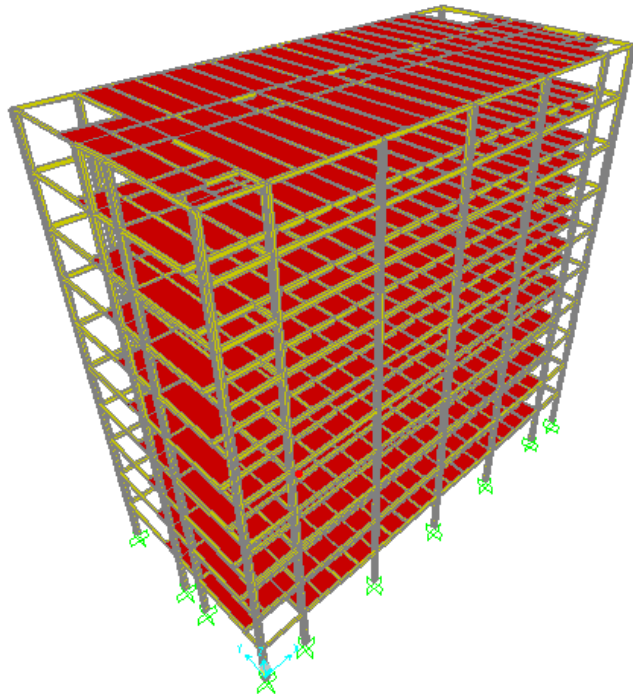
### 3.3.3 Data Tanah

Data tanah yang diperlukan adalah data tanah dari pengujian tanah SPT (*Standard Penetration Test*) dengan kedalaman minimal 30 meter sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 5.4.2 agar dapat digunakan untuk perencanaan ketahanan gempa. Data tanah uji SPT terlampir pada lampiran.

### 3.4 Permodelan Struktur Atas

#### 3.4.1 Preliminary Design

*Preliminary design* adalah suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur atas yang selanjutnya akan dimodelkan dalam program bantu SAP 2000 dan dianalisa untuk mengetahui apakah struktur tersebut mencukupi atau tidak. Dalam tahapan ini disertai gambar pendukung untuk mempermudah dalam permodelan. Penentuan desain awal struktur meliputi pelat lantai, balok anak, struktur tangga, balok penumpu lift, balok induk, dan kolom. Gambar permodelan struktur pada bangunan yang ditinjau sebagai berikut:



**Gambar 3.1.** Permodelan struktur bangunan gedung yang ditinjau

### 3.4.2 Pembebanan Struktur Bangunan

Dalam perencanaan pembebanan struktur gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* didetailkan sebagai berikut:

a. Beban mati

Menurut PPIUG 1983 Pasal 1.0.(1) beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian – penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Berat sendiri dari bahan – bahan bangunan dan beberapa komponen tambahan pada gedung yang telah ditinjau dapat dilihat pada Tabel 3.1 untuk beban mati pada pelat lantai atap dan Tabel 3.2 untuk beban mati pada pelat lantai 2-10.

**Tabel 3.1.** Beban Mati pada Pelat Lantai Atap

| No. | Keterangan                   | Satuan            | Berat |
|-----|------------------------------|-------------------|-------|
| 1   | Aspal per 1 cm               | kg/m <sup>2</sup> | 14    |
| 2   | Plafond + penggantung        | kg/m <sup>2</sup> | 18    |
| 3   | <i>Mechanical Electrical</i> | kg/m <sup>2</sup> | 30    |
| 4   | Bondek*                      | kg/m <sup>2</sup> | 10,1  |
| 5   | Bata ringan 10 cm *          | kg/m <sup>2</sup> | 60    |
| 6   | Beton bertulang              | kg/m <sup>3</sup> | 2400  |
| 7   | Baja                         | kg/m <sup>3</sup> | 7850  |

\*Diperoleh dari brosur.



**Tabel 3.2.** Beban Mati pada Pelat Lantai 2-10

| No. | Keterangan                   | Satuan            | Berat |
|-----|------------------------------|-------------------|-------|
| 1   | Keramik per 1 cm             | kg/m <sup>2</sup> | 24    |
| 2   | Spesi per 1 cm               | kg/m <sup>2</sup> | 21    |
| 3   | Plafond + penggantung        | kg/m <sup>2</sup> | 18    |
| 4   | <i>Mechanical Electrical</i> | kg/m <sup>2</sup> | 30    |
| 5   | Bondek*                      | kg/m <sup>2</sup> | 10,1  |
| 6   | Bata ringan 10 cm *          | kg/m <sup>2</sup> | 60    |
| 7   | Beton bertulang              | kg/m <sup>3</sup> | 2400  |
| 8   | Baja                         | kg/m <sup>3</sup> | 7850  |

\*Diperoleh dari brosur.

b. Beban hidup

Menurut PPIUG 1983 Pasal 1.0.(2) beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Beban hidup tiap ruang pada gedung yang telah ditinjau dapat dilihat pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** Beban Hidup

| No. | Keterangan      | Satuan            | Berat |
|-----|-----------------|-------------------|-------|
| 1   | Lantai Atap     | kg/m <sup>2</sup> | 100   |
| 2   | Lantai Hunian   | kg/m <sup>2</sup> | 250   |
| 3   | Tangga dan Gang | kg/m <sup>2</sup> | 300   |

c. Beban angin

Menurut PPIUG 1983 Pasal 1.0.(3), beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Faktor untuk menentukan beban angin sebagai berikut:

- Tekanan angin  
Menurut PPIUG 1983 Pasal 4.2, tekanan angin pada gedung yang ditinjau diambil  $25 \text{ kg/m}^2$ .
  - Koefisien angin  
Menurut PPIUG 1983 Pasal 4.3, koefisien angin pada gedung yang ditinjau adalah:
 

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Di pihak angin            | = +0,9 |
| Di belakang angin         | = -0,4 |
| Sejajar dengan arah angin | = -0,4 |
- d. Beban gempa
- Menentukan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 dengan metode spektrum respons harus dengan langkah sebagai berikut:
- Menentukan kategori resiko bangunan gedung (SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1.2).  
Kategori resiko bangunan dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 Tabel 1. Karena gedung yang ditinjau adalah rumah susun, maka tergolong pada kategori resiko II.
  - Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1.2).  
Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 Tabel 2. Menurut menurut kategori resiko bangunan gedung yang ditinjau, maka nilai faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) adalah 1,0.
  - Menentukan parameter percepatan respons spektral  $MCE_R$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 14).  
Parameter percepatan  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dapat dilihat didalam SNI 03-1726-2012 Gambar 9, dan parameter percepatan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) dapat dilihat didalam SNI 03-1726-2012 Gambar 10. Dari bangunan gedung yang ditinjau terletak di Kota Surabaya, maka nilai  $S_s = 0,66$  dan  $S_1 = 0,25$ .

- Menentukan klasifikasi situs (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.2)

Klasifikasi situs digolongkan seperti SNI 03-1726-2012 Tabel 3. Dengan data tanah SPT bangunan gedung yang ditinjau, didapatkan nilai  $N$  dibawah ini :

**Tabel 3.4.** Perhitungan  $N$

| Ket.         | Kedalaman<br>(m) | Fi<br>(m)    | N               | Ni   | Fi/Ni       |
|--------------|------------------|--------------|-----------------|------|-------------|
| Lapisan 1    | 1,75             | 1,75         | 1               | 1    | 1,75        |
| Lapisan 2    | 6,00             | 4,25         | $\frac{10}{11}$ | 10,5 | 0,40        |
| Lapisan 3    | 20,00            | 14,00        | 7               | 11,4 | 1,23        |
|              |                  |              | 8               |      |             |
|              |                  |              | 9               |      |             |
|              |                  |              | 11              |      |             |
|              |                  |              | 13              |      |             |
|              |                  |              | 15              |      |             |
| Lapisan 4    | 25,75            | 5,75         | 18              | 24,3 | 0,24        |
|              |                  |              | 20              |      |             |
|              |                  |              | 35              |      |             |
| Lapisan 5    | 32,00            | 6,25         | 50              | 50   | 0,13        |
|              |                  |              | 50              |      |             |
|              |                  |              | 50              |      |             |
| <b>Total</b> |                  | <b>32,00</b> |                 |      | <b>3,74</b> |

$$N = \frac{\sum Fi}{\sum Fi/Ni}$$

$$= 8,55.$$

Dari nilai  $N$  pada gedung yang ditinjau, didapatkan klasifikasi situs SE.

- Menentukan faktor koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$ .  
Untuk penentuan respon spektrum percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi spektru pada perioda 0,2 detik ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi 24pectru pada perioda 1 detik ( $F_v$ ). Nilai parameter  $F_a$  dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 Tabel 4, dan untuk parameter  $F_v$  dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 Tabel 5. Dari nilai parameter  $S_s$  dan  $S_1$  yang didapatkan, maka dengan bantuan interpolasi linear nilai parameter  $F_a = 1,374$  dan  $F_v = 3,012$ .
- Menentukan parameter percepatan respon spektrum  $MCE_R$  yang sudah disesuaikan koefisien situs (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.2).  
Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan yang ada pada SNI 03-1726-2012 Persamaan 5 dan Persamaan 6. Dari nilai  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $S_s$ , dan  $S_1$  dari gedung yang ditinjau, didapatkan nilai  $S_{MS} = 0,91$  dan  $S_{M1} = 0,74$ .
- Menghitung parameter percepatan spektrum desain (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3).  
Parameter percepatan spektrum desain untuk perioda pendek pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ) ditentukan dengan perumusan yang ada pada SNI 03-1726-2012 Persamaan 7 dan Persamaan 8. Dari nilai  $S_{MS}$ , dan  $S_{M1}$  didapatkan nilai  $S_{DS} = 0,61$  dan  $S_{D1} = 0,50$ .
- Menentukan spektrum respons desain (SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4).  
Kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada SNI 03-1726-2012 Gambar 1 dengan ketentuan-ketentuan

yang ada didalam Pasal 6.4. Hasil yang didapatkan dari gedung yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 3.5. berikut ini:

**Tabel 3.5.** Periode dan Spektrum Respons Percepatan

| <b>T<br/>(detik)</b>  | <b>T<br/>(detik)</b> | <b>S<sub>a</sub><br/>(g)</b> |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| 0                     | 0                    | 0,20                         |
| T <sub>0</sub>        | 0,16                 | 0,61                         |
| T <sub>s</sub>        | 0,82                 | 0,61                         |
| T <sub>s</sub> + 0,10 | 0,92                 | 0,54                         |
| T <sub>s</sub> + 0,20 | 1,02                 | 0,49                         |
| T <sub>s</sub> + 0,30 | 1,12                 | 0,44                         |
| T <sub>s</sub> + 0,40 | 1,22                 | 0,41                         |
| T <sub>s</sub> + 0,50 | 1,32                 | 0,38                         |
| T <sub>s</sub> + 0,60 | 1,42                 | 0,35                         |
| T <sub>s</sub> + 0,70 | 1,52                 | 0,33                         |
| T <sub>s</sub> + 0,80 | 1,62                 | 0,31                         |
| T <sub>s</sub> + 0,90 | 1,72                 | 0,29                         |
| T <sub>s</sub> + 1,00 | 1,82                 | 0,27                         |
| T <sub>s</sub> + 1,10 | 1,92                 | 0,26                         |
| T <sub>s</sub> + 1,20 | 2,02                 | 0,25                         |
| T <sub>s</sub> + 1,30 | 2,12                 | 0,23                         |
| T <sub>s</sub> + 1,40 | 2,22                 | 0,22                         |
| T <sub>s</sub> + 1,50 | 2,32                 | 0,21                         |
| T <sub>s</sub> + 1,60 | 2,42                 | 0,21                         |
| T <sub>s</sub> + 1,70 | 2,52                 | 0,20                         |
| T <sub>s</sub> + 1,80 | 2,62                 | 0,19                         |
| T <sub>s</sub> + 1,90 | 2,72                 | 0,18                         |
| T <sub>s</sub> + 2,00 | 2,82                 | 0,18                         |
| T <sub>s</sub> + 2,10 | 2,92                 | 0,17                         |
| T <sub>s</sub> + 2,20 | 3,02                 | 0,16                         |
| T <sub>s</sub> + 2,30 | 3,12                 | 0,16                         |
| T <sub>s</sub> + 2,40 | 3,22                 | 0,15                         |
| T <sub>s</sub> + 2,50 | 3,32                 | 0,15                         |
| T <sub>s</sub> + 2,60 | 3,42                 | 0,15                         |
| T <sub>s</sub> + 2,70 | 3,52                 | 0,14                         |
| T <sub>s</sub> + 2,80 | 3,62                 | 0,14                         |
| T <sub>s</sub> + 2,90 | 3,72                 | 0,13                         |
| 4,00                  | 4,00                 | 0,12                         |

- Menentukan faktor  $R$ ,  $\Omega$ , dan  $C_d$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.2.2).

Untuk menentukan nilai faktor  $R$ ,  $\Omega$ , dan  $C_d$  diperlukan data sistem struktur bangunan yang akan direncanakan. Nilai faktor tersebut ditabelkan pada SNI 03-1726-2012 Tabel 9. Dari sistem struktur gedung yang ditinjau menggunakan rangka baja pemikul momen khusus, maka nilai  $R = 8$ ,  $\Omega = 3$ , dan  $C_d = 5,5$ .

- Menentukan faktor pembesaran.

Nilai faktor pembesaran di bedakan menurut sumbu yang ditinjau dengan perumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Arah yang ditinjau, } C_1 &= \frac{I_e}{R} \cdot g \\ &= 1,225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Arah berlawanan, } C_2 &= 30\% \cdot C_1 \\ &= 0,3675\end{aligned}$$

### 3.4.3 Kombinasi Pembebanan

Untuk kombinasi pembebanan diambil dari SNI 03-1726-2012 pasal 4.2.2 dengan kombinasi beban sebagai berikut:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(L<sub>r</sub> atau R)
- 1,2D + 1,6(L<sub>r</sub> atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L<sub>r</sub> atau R)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0W
- 0,9 D + 1,0E

### 3.4.4 Analisa Gaya Dalam

Analisa gaya dalam dari bangunan gedung yang ditinjau menggunakan program bantu komputer analisa struktur SAP 2000.

### 3.5 Perhitungan Struktur Atas

#### 3.5.1 Kontrol Sistem Struktur

Kontrol sistem struktur pada bangunan gedung berdasarkan SNI 03-1726-2012 . Kontrol sistem struktur antara lain sebagai berikut:

a. Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.1, perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.

b. Penentuan perioda fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan ketentuan dibawah ini:

- Apabila  $T \leq T_a$  maka dipakai perioda  $T_a$ .
- Apabila  $T_a < T \leq C_u \cdot T_a$  maka dipakai perioda T.
- Apabila  $C_u \cdot T_a < T$  maka dipakai perioda  $C_u \cdot T_a$ .

Dengan nilai sesuai dengan perumusan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan :

T = Perioda fundamental struktur

$T_a$  = Perioda fundamental pendekatan

$C_u$  = Koefisien untuk batas atas perioda

$h_n$  = ketinggian struktur dalam meter.

Untuk nilai  $C_t$  dan x dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 Tabel 15.

c. Kontrol geser dasar seismik

Geser dasar seismik statis (V) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W$$

keterangan :

$C_s$  = Koefisien respons seismik.

$W$  = Berat seismik efektif.

Nilai  $C_s$  harus ditentukan dari persamaan :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Namun nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi persamaan :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

d. Kontrol simpang antar lantai

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3, nilai simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta_i$ ) harus kurang dari simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ). Parameter yang digunakan ditentukan dari persamaan berikut ini:

$$\Delta_i = (\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}) \cdot C_d / I_e$$

keterangan :

$\delta_{ei}$  = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan.

$\delta_{e(i-1)}$  = Perpindahan elastis yang dihitung dibawah lantai i.



### 3.5.2 Perhitungan Struktur Sekunder

Perhitungan struktur sekunder pada bangunan gedung yang ditinjau terdiri dari :

a. Pelat lantai

Perhitungan pelat lantai pada gedung yang ditinjau antara lain :

- Pelat lantai atap
- Pelat lantai 2-10

b. Balok anak

Perhitungan balok anak pada gedung yang ditinjau antara lain :

- Balok anak lantai atap
- Balok anak lantai 2-10

c. Struktur tangga

Perhitungan struktur tangga pada gedung yang ditinjau antara lain :

- Dimensi tangga
- Pelat anak tangga dan bordes
- Balok utama tangga
- Balok penumpu bordes

d. Balok penumpu lift

e. Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Perhitungan sambungan balok anak – balok induk pada gedung yang ditinjau antara lain :

- Sambungan balok anak lantai atap – balok induk lantai atap.
- Sambungan balok anak lantai 2-10 – balok induk lantai 2-10.

Untuk pengontrolan elemen pada balok anak, balok utama tangga, balok penumpu bordes, dan balok penumpu lift terdiri dari :

a. Kontrol elemen untuk lentur

Ketentuan lentur desain untuk DFBK ditentukan pada SNI 03-1729-2015 Pasal F.1 sebagai berikut:

$$\Phi_b \cdot M_n \geq M_U$$

keterangan :

$$\Phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$M_n = \text{Kekuatan lentur nominal.}$$

Nilai  $M_n$  harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dari keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral.

b. Kontrol elemen untuk geser

Kekuatan geser desain untuk DFBK ditentukan pada SNI 03-1729-2015 Pasal G.1 sebagai berikut:

$$\Phi_v \cdot V_n \geq V_U$$

keterangan :

$$\Phi_v = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$V_n = \text{Kekuatan lentur nominal.}$$

Nilai  $V_n$  diperoleh dengan perumusan sebagai berikut:

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

keterangan :

$$F_y = \text{Tegangan leleh minimum.}$$

$$A_w = \text{Luas dari badan.}$$

$$C_v = \text{Koefisien geser badan.}$$

c. Kontrol elemen untuk tekan

Ketentuan tekan desain untuk DFBK ditentukan pada SNI 03-1729-2015 Pasal E.1 sebagai berikut:

$$\Phi_c \cdot P_n \geq P_U$$

keterangan :

$$\Phi_c = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$P_n = \text{Kekuatan tekan nominal.}$$

Nilai  $P_n$  diperoleh dengan perumusan sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

keterangan :

$$F_{cr} = \text{Tegangan kritis.}$$

$$A_g = \text{Luas penampang bruto.}$$

d. Kontrol elemen untuk tekan – lentur

Untuk komponen struktur yang menahan lentur dan tekan diharuskan memenuhi perumusan pada SNI-03-1729-2015 Pasal H1.1 berikut:

- Bila  $P_r/P_c \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

- Bila  $P_r/P_c < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

keterangan :

$P_r$  = Kekuatan aksial perlu, N

$P_c$  =  $\phi_c P_n$  = Kekuatan aksial tersedia, N

$M_r$  = Kekuatan lentur perlu, N-mm

$M_c$  =  $\phi_b M_n$

= Kekuatan lentur tertentu, N-mm

x = Indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur

y = Indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur.

$\phi_c$  = 0,9

= Faktor ketahanan untuk tekan

$\phi_b$  = 0,9

= Faktor ketahanan untuk lentur

e. Kontrol lendutan

Untuk mengurangi kerusakan secara arsitektural, lendutan yang terjadi pada penampang ( $f$ ) harus kurang dari lendutan yang diijinkan ( $f_{ijin}$ ). Nilai dari lendutan ijin didapatkan dari persamaan berikut:

$$f_{ijin} = L/360$$

keterangan :

L = Panjang dari penampang

Untuk pengontrolan elemen pada sambungan balok anak-balok induk terdiri dari :

a. Sambungan las

Kekuatan desain dari joint yang dilas ditentukan dari SNI 03-1729-2015 Pasal J2 berikut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi R_n \\ R_n &= F_{nw} \cdot A_{we} \end{aligned}$$

keterangan :

$$\begin{aligned} \phi &= 0,75 \\ F_{nw} &= \text{Tegangan nominal untuk logam las} \\ &\quad (\text{SNI-03-1729-2015 Tabel J2.5}) \\ A_{we} &= \text{Luas efektif las.} \\ &= \text{tebal las} \times \text{panjang las} \end{aligned}$$

b. Sambungan baut

- Kuat tarik dan geser baut

Kekuatan tarik atau geser desain dari baut kekuatan tinggi ditentukan dari SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6 dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi R_n \\ R_n &= F_n \cdot A_b \end{aligned}$$

keterangan :

$$\begin{aligned} \phi &= 0,75 \\ F_n &= \text{Tegangan tarik nominal } (F_{nt}), \text{ atau} \\ &\quad \text{tegangan geser nominal } (F_{nv}). \\ A_b &= \text{Luas baut.} \end{aligned}$$

- Kuat elemen penyambung

- Untuk leleh tarik elemen penyambung

$$R_n = F_y \cdot A_g$$

- Untuk keruntuhan tarik elemen penyambung

$$R_n = F_u \cdot A_e$$

- Untuk leleh geser elemen penyambung

$$R_n = 0,60 \cdot F_y \cdot A_{gv}$$

- Untuk keruntuhan geser elemen penyambung

$$R_n = 0,60 \cdot F_u \cdot A_{nv}$$

keterangan :

$A_g$  = Luas bruto penampang

$A_e$  = Luas netto efektif

$A_{gv}$  = Luas bruto yang menahan geser

$A_{nv}$  = Luas netto yang menahan geser

### 3.5.3 Perhitungan Struktur Primer

Perhitungan struktur primer pada bangunan gedung yang ditinjau terdiri dari :

a. Balok induk

Seluruh balok induk direncanakan menggunakan profil *Honeycomb*. Perhitungan balok induk pada gedung yang ditinjau terdiri dari :

- Balok induk melintang lantai atap
- Balok induk memanjang lantai atap
- Balok induk melintang lantai 2-10
- Balok induk memanjang lantai 2-10

b. Kolom

Seluruh kolom direncanakan menggunakan profil *Kingcross*. Perhitungan kolom pada gedung yang ditinjau terdiri dari :

- Kolom lantai 6-10
- Kolom lantai 1-5

c. Sambungan balok induk – kolom

Perhitungan sambungan balok induk – kolom pada gedung yang ditinjau antara lain :

- Sambungan balok induk lantai atap memanjang – kolom.
- Sambungan balok induk lantai 2-10 memanjang – kolom.

d. Sambungan kolom – kolom

Perhitungan sambungan kolom – kolom pada gedung yang ditinjau antara lain :

- Sambungan antar kolom KC 450.300.11.18
- Sambungan antar kolom KC 500.300.11.18
- Sambungan kolom KC 450.300.11.18 – kolom KC 500.300.11.18.

e. Sambungan *base plate*

Untuk pengontrolan elemen pada balok induk berprofil *Honeycomb* terdiri dari :

a. Tekuk lokal (SNI 03-1729-2015 Pasal B4.1b)

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b}{t_f}$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Profil harus masuk dalam penampang kompak,  $\lambda < \lambda_p$ , sehingga kuat lentur nominal penampang adalah:

$$M_n = M_p$$

b. Tekuk lateral (SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2)

- Bila  $L_b \leq L_p$

Keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

- Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

- Bila  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x$$

- c. Kontrol kapasitas momen nominal (ASCE 3.2 hal. 3327)

Ketentuan lentur desain untuk profil *Honeycomb* harus memenuhi perumusan berikut ini :

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_n = M_p - \left[ f_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right]$$

$$\Delta A_s = h_o \cdot t_w$$

keterangan :

$M_n$  = Momen lentur nominal balok.

$h_o$  = Tinggi lubang.

$t_w$  = Tebal plat badan.

$e$  = Eksentrisitas lubang.

$f_y$  = Kuat leleh baja.

- d. Kontrol tekuk badan (ASCE 4.2 hal. 3319)

Tekuk badan pada profil *Honeycomb* harus memenuhi persyaratan berikut:

$$\bullet \quad \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$$

$$\bullet \quad \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

- e. Kontrol kapasitas geser nominal (ASCE 3.3 hal. 3316)

Ketentuan geser desain untuk profil *Honeycomb* harus memenuhi persyaratan berikut ini:

$$\bullet \quad V_u \leq \phi V_n$$

$$\bullet \quad V_{nt} \leq V_{pt}$$

$$\bullet \quad V_n \leq \frac{2}{3} V_p$$

Nilai-nilai tersebut didapat dari perumusan dibawah ini :

$$V_n = \sum V_{nt}$$

$$V_{nt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt}$$

$$V_p = \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}}$$

$$V_{pt} = \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}}$$

$$v = a_o/d_t$$

keterangan :

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_{mt}$  = Kuat geser satu tee

$V_{pt}$  = Kuat geser plastis satu tee

- f. Kontrol parameter lubang (ASCE 4.2. hal 3319)

Parameter lubang pada profil *Honeycomb* harus memenuhi persyaratan berikut ini :

$$P_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6h_o}{d} \right) < 5,6$$

- g. Kontrol persamaan interaksi geser-lentur (ASCE 3.1 hal. 3316)

Untuk profil *Honeycomb* yang menahan geser dan lentur diharuskan memenuhi persamaan berikut ini :

$$\left( \frac{M_u}{\phi M_n} \right)^3 + \left( \frac{V_u}{\phi V_n} \right)^3 \leq 1$$

- h. Kontrol jarak antar lubang

Jarak antar lubang pada profil *Honeycomb* harus memenuhi persyaratan berikut ini :

$$s \geq h_o$$

$$s \geq \frac{a_o V_u / \phi V_p}{1 - V_u / \phi V_p}$$

Untuk pengendalian elemen pada kolom berprofil

*Kingcross* terdiri dari :

- a. Kontrol elemen untuk lentur

Ketentuan lentur desain untuk DFBK ditentukan pada SNI 03-1729-2015 Pasal F.1 sebagai berikut:



$$\Phi_b \cdot M_n \geq M_U$$

keterangan :

$$\Phi_b = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$M_n = \text{Kekuatan lentur nominal.}$$

Nilai  $M_n$  harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dari keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral.

b. Kontrol elemen untuk tekan

Ketentuan tekan desain untuk DFBK ditentukan pada SNI 03-1729-2015 Pasal E.1 sebagai berikut:

$$\Phi_c \cdot P_n \geq P_U$$

keterangan :

$$\Phi_c = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

$$P_n = \text{Kekuatan tekan nominal.}$$

Nilai  $P_n$  diperoleh dengan perumusan sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

keterangan :

$$F_{cr} = \text{Tegangan kritis.}$$

$$A_g = \text{Luas penampang bruto.}$$

c. Amplifikasi momen

Kekuatan lentur orde kedua diperlukan,  $M_r$ , dan kekuatan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2015 Lampiran 8 sebagai berikut:

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt}$$

Keterangan :

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1$$

= Pengali untuk menghitung efek P- $\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur, dan setiap lentur dari komponen struktur sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal 8.2.1.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1$$

= Pengali untuk menghitung efek P- $\delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur, dan setiap arah translasi dari tingkat sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal 8.2.2.

$M_{lt}$  = Momen orde pertama akibat hanya translasi lateral struktur

$M_{nt}$  = Momen orde pertama dengan struktur dikekang melawan translasi lateral.

$M_r$  = kekuatan lentur orde kedua.

$P_{lt}$  = gaya aksial orde pertama akibat hanya translasi lateral struktur

$P_{nt}$  = gaya aksial orde pertama dengan struktur dikekang melawan translasi lateral.

$P_r$  = gaya aksial orde kedua.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2}$$

= Kekuatan tekuk kritis elastis.

$P_{story}$  = Beban vertikal total didukung oleh tingkat

$$P_{estor} = R_M \frac{HL}{\Delta H}$$

= Kekuatan tekuk kritis elastis pada arah translasi

$$R_M = 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story})$$

$L$  = Tinggi tingkat

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom

$\Delta_H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama

$H$  = Geser Tingkat

d. Kontrol elemen untuk tekan – lentur

Untuk komponen struktur yang menahan lentur dan tekan diharuskan memenuhi perumusan pada SNI-03-1729-2015 Pasal H1.1 berikut:

- Bila  $P_r/P_c \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

- Bila  $P_r/P_c < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

keterangan :

$P_r$  = Kekuatan aksial perlu, N

$P_c$  =  $\phi_c P_n$  = Kekuatan aksial tersedia, N

$M_r$  = Kekuatan lentur perlu, N-mm

$M_c$  =  $\phi_b M_n$

= Kekuatan lentur tertentu, N-mm

x = Indeks sehubungan dengan sumbu kuat  
lentur

y = Indeks sehubungan dengan sumbu lemah  
lentur.

$\phi_c$  = 0,9

= Faktor ketahanan untuk tekan

$\phi_b$  = 0,9

= Faktor ketahanan untuk lentur

Untuk pengontrolan elemen pada sambungan balok induk – kolom dan sambungan kolom - kolom terdiri dari :

a. Sambungan las

Kekuatan desain dari joint yang dilas ditentukan dari SNI 03-1729-2015 Pasal J2 berikut :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$$

keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$F_{nw}$  = Tegangan nominal untuk logam las  
(SNI-03-1729-2015 Tabel J2.5)

$$A_{we} = \text{Luas efektif las.}$$

$$= \text{tebal las} \times \text{panjang las}$$

b. Sambungan baut

- Kuat tarik dan geser baut

Kekuatan tarik atau geser desain dari baut kekuatan tinggi ditentukan dari SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6 dengan persamaan berikut :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$R_n = F_n \cdot A_b$$

keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$F_n$  = Tegangan tarik nominal ( $F_{nt}$ ), atau tegangan geser nominal ( $F_{nv}$ ).

$A_b$  = Luas baut.

- Kuat elemen penyambung

- Untuk leleh tarik elemen penyambung

$$R_n = F_y \cdot A_g$$

- Untuk keruntuhan tarik elemen penyambung

$$R_n = F_u \cdot A_e$$

- Untuk leleh geser elemen penyambung

$$R_n = 0,60 \cdot F_y \cdot A_{gv}$$

- Untuk keruntuhan geser elemen penyambung

$$R_n = 0,60 \cdot F_u \cdot A_{nv}$$

Untuk pengontrolan elemen pada sambungan *base plate* terdiri dari:

a. Sambungan *base plate*

Kekuatan tumpuan dari *Base Plate* ditentukan dari persamaan berikut :

$$P_u \leq \phi \cdot P_p$$

$$P_p = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}$$

keterangan :

$$\begin{aligned}\phi_c &= 0,65 \\ P_u &= \text{Gaya aksial yang terjadi.} \\ P_p &= \text{Kuat tumpu.} \\ f'_c &= \text{Kuat tekan beton.} \\ A_1 &= \text{Luas } \textit{Base Plate}. \\ A_2 &= \text{Luas pedestal.}\end{aligned}$$

### 3.6 Perhitungan Struktur Bawah

Perhitungan struktur bawah dari bangunan gedung yang ditinjau terdiri dari :

#### 3.6.1 Perhitungan Tiang Pancang

Daya dukung tiang dihitung menurut persamaan *Luciano Decourt*:

$$Q_L = Q_P + Q_S - W$$

keterangan :

$$\begin{aligned}Q_L &= \text{Daya dukung tanah pada pondasi} \\ Q_P &= \textit{Resistance ultimate} \text{ didasar pondasi} \\ Q_S &= \textit{Resistance ultimate} \text{ akibat lekatan lateral} \\ W &= \text{Berat tiang}\end{aligned}$$

Tahanan ujung ultimit ( $Q_P$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}Q_P &= q_p \cdot A_p \\ &= (N_p \cdot K) \cdot A_p\end{aligned}$$

Tahanan gesek dinding tiang ( $Q_S$ ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$$

keterangan :

$$\begin{aligned}N_p &= \text{Harga rata-rata SPT disekitar 4D atas sampai 4D bawah dasar tiang pondasi} \\ K &= \text{Koefisien karakteristik tanah,} \\ &\quad \text{untuk tanah lempung} = 12 \text{ t/m}^2, \\ &\quad \text{untuk tanah lanau berlempung} = 20 \text{ t/m}^2, \\ &\quad \text{untuk tanah lanau berpasir} = 25 \text{ t/m}^2, \\ &\quad \text{untuk tanah pasir} = 40 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

- $A_p$  = Luas penampang dasar tiang  
 $N_s$  = Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam  
 $A_s$  = Luas selimut tiang

Perumusan efisiensi tiang menurut persamaan *Converse –Labarre*:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

keterangan :

- $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang  
 $m$  = Jumlah baris tiang  
 $n$  = Jumlah tiang dalam satu baris  
 $\theta$  = Arc tan  $\frac{d}{s}$ , dalam derajat  
 $s$  = Jarak antar pusat tiang  
 $d$  = Diameter tiang

Kapasitas kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_g = E_g N Q_d$$

keterangan :

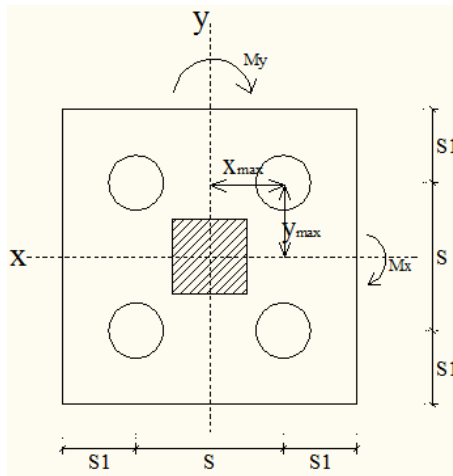
- $Q_g$  = Beban maksimum kelompok tiang  
 $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang  
 $Q_d$  = Beban maksimum tiang tunggal  
 $N$  = Jumlah tiang dalam kelompok

Spasi dan jarak tepi tiang pancang di peroleh dari persamaan berikut ini :

- Untuk jarak as ke as tepi pancang  $2,5 D \leq S < 3,0 D$
- Untuk jarak tepi tiang pancang  $1,5 D < S_1 < 2,0 D$

keterangan :

- $S$  = Jarak antar tiang pancang  
 $S_1$  = Jarak as tiang pancang ke tepi  
 $D$  = Diameter tiang pancang



**Gambar 3.2.** Pondasi tiang pancang grup

Syarat:  $P_{max} < P_{ijin}$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x y_{max}}{\Sigma y^2} < P_{ijin}$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x y_{max}}{\Sigma y^2} > 0$$

keterangan :

- $n$  = Jumlah tiang pancang
- $M_x$  = Momen yang bekerja pada arah X
- $M_y$  = Momen yang bekerja pada arah Y
- $x_{max}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
- $y_{max}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu Y
- $\Sigma x^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu X
- $\Sigma y^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu Y

### 3.6.2 Perhitungan Pile Cap

- a. Geser ponds 1 arah (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)

Untuk geser ponds 1 arah, kekuatan geser desain ( $V_c$ ) harus memenuhi persamaan berikut :

$$V_u \leq \phi \cdot V_c$$

Untuk nilai  $V_c$  diambil dari persamaan dibawah ini :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} b_w d$$

keterangan :

$$V_u = \text{Gaya geser yang terjadi.}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$f_c' = \text{Kuat tekan beton.}$$

$$b_w = \text{Panjang dari pile cap.}$$

$$d = \text{Tinggi efektif.}$$

- b. Geser ponds 2 arah (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.1)

Untuk geser ponds 2 arah, kekuatan geser desain ( $V_c$ ) harus memenuhi persamaan berikut :

$$V_u \leq \phi \cdot V_c$$

Untuk nilai  $V_c$  diambil dari persamaan dibawah ini :

$$\bullet V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\bullet V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\bullet V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

keterangan :

$$V_u = \text{Gaya geser yang terjadi.}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$f_c' = \text{Kuat tekan beton.}$$

$$b_o = \text{Keliling dari penampang kritis.}$$

$$d = \text{Tinggi efektif.}$$

$$\beta = \text{Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek pile cap.}$$

$$a_s = 40, \text{ untuk kolom tengah.}$$

$$30, \text{ untuk kolom tepi.}$$

$$20, \text{ untuk kolom sudut.}$$



c. Penulangan pile cap

Untuk menentukan penulangan pada pile cap maka diharuskan memenuhi perumusan berikut ini :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{F_y} \\ \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_{c'}}{F_y} + \frac{600}{600 + F_y} \\ \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\ A_s &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d\end{aligned}$$

Kontrol yang dilakukan harus memenuhi persyaratan dari persamaan dibawah :

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pakai}} &\geq A_s \\ S_{\text{pakai}} &\geq 2 \cdot H\end{aligned}$$

keterangan :

$$\begin{aligned}f_{c'} &= \text{Kuat tekan beton} \\ F_y &= \text{Kuat tarik tulangan.} \\ b &= \text{Lebar dari penampang.} \\ d &= \text{Tinggi efektif.}\end{aligned}$$

### 3.6.3 Perhitungan Sloof

Perhitungan sloof dilakukan dengan program bantu PCACOL untuk menentukan tulangan lentur yang digunakan.

## 3.7 Perencanaan Metode Pelaksanaan

Perencanaan metode pelaksanaan terdiri dari alur pekerjaan dan gambar site plan dari bangunan gedung yang ditinjau setelah dimodifikasi.

## 3.8 Gambar Teknik

Gambar teknik dari perhitungan menggunakan program bantu Autocad 2007. Gambar teknik terdiri dari :

- a. Gambar denah
  - Lantai
  - Sloof dan pondasi
  - Pelat bondek
  - Balok dan kolom
- b. Gambar tampak
  - Tampak utara
  - Tampak timur
  - Tampak selatan
  - Tampak barat
- c. Gambar potongan
- d. Gambar detail
  - Struktur tangga
  - Balok Induk
  - Sambungan balok anak – balok induk
  - Sambungan balok induk – kolom
  - Sambungan kolom – kolom
  - Sambungan *base plate*
  - Penulangan sloof
  - Penulangan *pile cap*
- e. Site Plan

## **BAB IV**

### **PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS**

#### **4.5 Umum**

Perhitungan struktur atas adalah tahapan untuk menganalisa kelayakan dari segi kekuatan struktur yang ada diatas permukaan tanah. Struktur atas terbagi menjadi 2 bagian, yaitu struktur sekunder dan struktur primer.

#### **4.6 Kontrol Sistem Struktur**

Sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 tentang perencanaan gedung tahan gempa, maka hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

##### **4.2.5 Kontrol Partisipasi Massa**

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.1, perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%. Dalam hal ini, digunakan output partisipasi massa dari program analisa struktur SAP 2000. Nilai partisipasi massa pada bangunan gedung yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

**Tabel 4.1.** Nilai Partisipasi Massa

| Mode | Perioda<br>(detik) | Sum UX | Sum UY |
|------|--------------------|--------|--------|
| 1    | 2,14477            | 0,00   | 0,78   |
| 2    | 1,99603            | 0,79   | 0,78   |
| 3    | 1,70776            | 0,79   | 0,78   |
| 4    | 0,6893             | 0,79   | 0,89   |
| 5    | 0,65994            | 0,90   | 0,89   |
| 6    | 0,5565             | 0,90   | 0,89   |
| 7    | 0,40222            | 0,93   | 0,89   |
| 8    | 0,38328            | 0,93   | 0,93   |
| 9    | 0,33298            | 0,94   | 0,93   |
| 10   | 0,32089            | 0,95   | 0,93   |
| 11   | 0,3097             | 0,95   | 0,93   |
| 12   | 0,27277            | 0,95   | 0,93   |
| 13   | 0,25404            | 0,95   | 0,96   |
| 14   | 0,23915            | 0,95   | 0,96   |
| 15   | 0,22366            | 0,97   | 0,96   |
| 16   | 0,1967             | 0,97   | 0,96   |
| 17   | 0,18737            | 0,97   | 0,96   |
| 18   | 0,18108            | 0,97   | 0,97   |
| 19   | 0,17065            | 0,98   | 0,97   |
| 20   | 0,16873            | 0,98   | 0,97   |
| 21   | 0,15086            | 0,98   | 0,97   |
| 22   | 0,13598            | 0,98   | 0,98   |
| 23   | 0,13171            | 0,99   | 0,98   |
| 24   | 0,10728            | 0,99   | 0,99   |
| 25   | 0,1004             | 1,00   | 0,99   |
| 26   | 0,08838            | 1,00   | 1,00   |
| 27   | 0,07649            | 1,00   | 1,00   |
| 28   | 0,06771            | 1,00   | 1,00   |
| 29   | 0,05757            | 1,00   | 1,00   |
| 30   | 0,03338            | 1,00   | 1,00   |

Sehingga dari tabel di atas menunjukkan bahwa dengan 8 mode sudah mampu memenuhi syarat partisipasi massa.

#### 4.2.6 Penentuan Perioda Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental ( $T$ ) dari struktur gedung harus dibatasi.

$$\begin{aligned}
 C_u &= 1,4 \\
 C_t &= 0,0724 \\
 x &= 0,8 \\
 h_n &= 40 \text{ m} \\
 T_a &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0724 \cdot (40^{0,8}) \\
 &= 1,38 \text{ detik} \\
 C_u \cdot T_a &= 1,38 \text{ detik} \cdot 1,4 \\
 &= 1,94 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Nilai dari waktu getar pada bangunan gedung yang direncanakan didapatkan dari output SAP 2000. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10 kolom perioda.

Maka :

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 2,14 \text{ detik} \\
 T_1 &> C_u \cdot T_a
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai nilai waktu getar alami fundamental ( $T$ ) :

$$T = 1,94 \text{ detik}$$

#### 4.2.7 Kontrol Geser Dasar Seismik

Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4.1, kombinasi respon untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan  $0,85 \frac{V}{V_t}$ . Nilai geser dasar menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen dipengaruhi dari nilai koefisien respon seismik ( $C_s$ ) dan berat seismik efektif ( $W$ ). Untuk koefisien seismik efektif didapatkan dari perhitungan dibawah ini:



Tabel 4.3. Beban Lantai 7-10

| <u>Beban mati</u>         |  |                  |       |       |                               |                                |                |                |    |       |
|---------------------------|--|------------------|-------|-------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------|----|-------|
| Elemen Frame              |  | Dimensi          |       |       | Berat<br>(kg/m)               | Panjang<br>(m)                 | Jumlah         | Berat<br>total |    |       |
| B. anak lantai            |  | WF 400X200X8X13  |       |       | 66                            | 330                            | 1              | 21780          |    |       |
| B. induk lantai melintang |  | HC               | 500 x | 200 x | 8 x                           | 13                             | 66             | 19             | 7  | 8778  |
| B. induk lantai memanjang |  | HC               | 500 x | 200 x | 8 x                           | 13                             | 66             | 40             | 4  | 10560 |
| Kolom lt 6-10             |  | KC               | 440 x | 300 x | 11 x                          | 18                             | 248            | 4              | 28 | 27776 |
| B. utama tangga           |  | WF 300X150X6.5X9 |       |       | 36,7                          | 6,48                           | 8              | 1903,39        |    |       |
| Balok Bordes              |  | WF 300X150X6.5X9 |       |       | 36,7                          | 4                              | 2              | 293,6          |    |       |
| Dinding bata ringan       |  |                  |       |       | 240                           | 390                            | 1              | 93600          |    |       |
|                           |  |                  |       |       |                               |                                |                | 164691         |    |       |
| Elemen Area               |  |                  |       |       | Berat<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Luas area<br>(m <sup>2</sup> ) | Berat<br>total |                |    |       |
| Pelat beton tebal         |  | 9                | cm    |       | 216                           | 696                            | 150336         |                |    |       |
| Bondek                    |  |                  |       |       | 10,1                          | 696                            | 7029,6         |                |    |       |
| Spesi tebal               |  | 2                | cm    |       | 42                            | 696                            | 29232          |                |    |       |
| Keramik tebal             |  | 1                | cm    |       | 24                            | 696                            | 16704          |                |    |       |
| Plafond + penggantung     |  |                  |       |       | 18                            | 696                            | 12528          |                |    |       |
| Mechanical Electrical     |  |                  |       |       | 30                            | 696                            | 20880          |                |    |       |
|                           |  |                  |       |       |                               |                                |                | 236710         |    |       |
| <u>Beban hidup</u>        |  |                  |       |       |                               |                                |                |                |    |       |
| Elemen Area               |  | Koef. Reduksi    |       |       | Berat<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Luas area<br>(m <sup>2</sup> ) | Berat<br>total |                |    |       |
| Lantai Hunian             |  | 0,5              |       |       | 250                           | 512                            | 64000          |                |    |       |
| Tangga dan Gang           |  | 0,5              |       |       | 300                           | 296                            | 44400          |                |    |       |
|                           |  |                  |       |       |                               |                                |                | 108400         |    |       |
| TOTAL BEBAN LANTAI 6-9    |  |                  |       |       |                               |                                |                | 509801         |    |       |

Tabel 4.4. Beban Lantai 6

| Beban mati                |    |                  |            |                               |                                |                |                |
|---------------------------|----|------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------|
| Elemen Frame              |    | Dimensi          |            | Berat<br>(kg/m)               | Panjang<br>(m)                 | Jumlah         | Berat<br>total |
| B. anak lantai            |    | WF 400X200X8X13  |            | 66                            | 330                            | 1              | 21780          |
| B. induk lantai melintang | HC | 500 x            | 200 x 8 x  | 13                            | 66                             | 19             | 7 8778         |
| B. induk lantai memanjang | HC | 500 x            | 200 x 8 x  | 13                            | 66                             | 40             | 4 10560        |
| Kolom lt 6-10             | KC | 440 x            | 300 x 11 x | 18                            | 248                            | 2              | 28 13888       |
| Kolom lt 1-5              | KC | 488 x            | 300 x 11 x | 18                            | 256                            | 2              | 28 14336       |
| B. utama tangga           |    | WF 300X150X6.5X9 |            | 36,7                          | 6,48                           | 8              | 1903,39        |
| Balok Bordes              |    | WF 300X150X6.5X9 |            | 36,7                          | 4                              | 2              | 293,6          |
| Dinding bata ringan       |    |                  |            | 240                           | 390                            | 1              | 93600          |
|                           |    |                  |            |                               |                                |                | 165139         |
| Elemen Area               |    |                  |            | Berat<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Luas area<br>(m <sup>2</sup> ) | Berat<br>total |                |
| Pelat beton tebal         | 9  | cm               |            | 216                           | 696                            | 150336         |                |
| Bondek                    |    |                  |            | 10,1                          | 696                            | 7029,6         |                |
| Spesi tebal               | 2  | cm               |            | 42                            | 696                            | 29232          |                |
| Keramik tebal             | 1  | cm               |            | 24                            | 696                            | 16704          |                |
| Plafond + penggantung     |    |                  |            | 18                            | 696                            | 12528          |                |
| Mechanical Electrical     |    |                  |            | 30                            | 696                            | 20880          |                |
|                           |    |                  |            |                               |                                |                | 236710         |
| Beban hidup               |    |                  |            |                               |                                |                |                |
| Elemen Area               |    | Koef. Reduksi    |            | Berat<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Luas area<br>(m <sup>2</sup> ) | Berat<br>total |                |
| Lantai Hunian             |    | 0,5              |            | 250                           | 512                            | 64000          |                |
| Tangga dan Gang           |    | 0,5              |            | 300                           | 296                            | 44400          |                |
|                           |    |                  |            |                               |                                |                | 108400         |
| TOTAL BEBAN LANTAI 5      |    |                  |            |                               |                                |                | 510249         |

**Tabel 4.5.** Beban Lantai 1-5

| Beban mati                |                  |                 |       |      |                            |                             |        |             |
|---------------------------|------------------|-----------------|-------|------|----------------------------|-----------------------------|--------|-------------|
| Elemen Frame              |                  | Dimensi         |       |      | Berat (kg/m)               | Panjang (m)                 | Jumlah | Berat total |
| B. anak lantai            |                  | WF 400X200X8X13 |       |      | 66                         | 330                         | 1      | 21780       |
| B. induk lantai melintang | HC               | 500 x           | 200 x | 8 x  | 66                         | 19                          | 7      | 8778        |
| B. induk lantai memanjang | HC               | 500 x           | 200 x | 8 x  | 66                         | 40                          | 4      | 10560       |
| Kolom lt 1-5              | KC               | 488 x           | 300 x | 11 x | 256                        | 4                           | 28     | 28672       |
| B. utama tangga           | WF 300X150X6.5X9 |                 |       |      | 36,7                       | 6,48                        | 8      | 1903,39     |
| Balok Bordes              | WF 300X150X6.5X9 |                 |       |      | 36,7                       | 4                           | 2      | 293,6       |
| Dinding bata ringan       |                  |                 |       |      | 240                        | 390                         | 1      | 93600       |
|                           |                  |                 |       |      |                            |                             |        | 165587      |
| Elemen Area               |                  |                 |       |      | Berat (kg/m <sup>2</sup> ) | Luas area (m <sup>2</sup> ) |        | Berat total |
| Pelat beton tebal         |                  | 9               | cm    |      | 216                        | 696                         |        | 150336      |
| Bondek                    |                  |                 |       |      | 10,1                       | 696                         |        | 7029,6      |
| Spesi tebal               |                  | 2               | cm    |      | 42                         | 696                         |        | 29232       |
| Keramik tebal             |                  | 1               | cm    |      | 24                         | 696                         |        | 16704       |
| Plafond + penggantung     |                  |                 |       |      | 18                         | 696                         |        | 12528       |
| Mechanical Electrical     |                  |                 |       |      | 30                         | 696                         |        | 20880       |
|                           |                  |                 |       |      |                            |                             |        | 236710      |
| Beban hidup               |                  |                 |       |      |                            |                             |        |             |
| Elemen Area               |                  | Koef. Reduksi   |       |      | Berat (kg/m <sup>2</sup> ) | Luas area (m <sup>2</sup> ) |        | Berat total |
| Lantai Hunian             |                  | 0,5             |       |      | 250                        | 512                         |        | 64000       |
| Tangga dan Gang           |                  | 0,5             |       |      | 300                        | 296                         |        | 44400       |
|                           |                  |                 |       |      |                            |                             |        | 108400      |
| TOTAL BEBAN LANTAI 1-4    |                  |                 |       |      |                            |                             |        | 510697      |

**Tabel 4.6.** Rekapitulasi Beban Seismik Efektif

| Lantai    | Tinggi Lantai (m) | Tinggi Kumulatif (m) | Berat per Lantai (kg) | Berat Kumulatif (kg) |
|-----------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Lantai 10 | 4                 | 40                   | 327034,99             | 327034,99            |
| Lantai 9  | 4                 | 36                   | 509800,59             | 836835,58            |
| Lantai 8  | 4                 | 32                   | 509800,59             | 1346636,16           |
| Lantai 7  | 4                 | 28                   | 509800,59             | 1856436,75           |
| Lantai 6  | 4                 | 24                   | 509800,59             | 2366237,34           |
| Lantai 5  | 4                 | 20                   | 510248,59             | 2876485,92           |
| Lantai 4  | 4                 | 16                   | 510696,59             | 3387182,51           |
| Lantai 3  | 4                 | 12                   | 510696,59             | 3897879,09           |
| Lantai 2  | 4                 | 8                    | 510696,59             | 4408575,68           |
| Lantai 1  | 4                 | 4                    | 510696,59             | <b>4919272,26</b>    |

Maka nilai geser dasar (V) adalah:

$$\begin{aligned}
 V &= C_s \cdot W \\
 &= 0,032 \cdot 4919272,26 \text{ kg} \\
 &= 157310 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk nilai geser dasar respons ( $V_r$ ) didapatkan dari output *Base Shear* dengan program bantu SAP 2000. Nilai geser dasar respons dapat dilihat dari tabel 4.7 berikut ini :



**Tabel 4.7.** Geser Dasar Respons ( $V_t$ )

| OutputCase<br>Text | CaseType<br>Text | StepType<br>Text | GlobalFX<br>Kgf | GlobalFY<br>Kgf |
|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Ex                 | LinRespSpec      | Max              | 79614,16        | 21781,24        |
| Ey                 | LinRespSpec      | Max              | 23884,25        | 72604,15        |

- Untuk geser dasar sumbu x :  
 $V_{tx} \geq 85\% \cdot V$   
 $79614,16 \text{ kg} \geq 85\% \cdot 157310 \text{ kg}$   
 $79614,16 \text{ kg} < 133713,69 \text{ kg}$   
Maka gaya harus dikali  $0,85 \cdot \frac{V}{V_{tx}} = 1,68$
- Untuk geser dasar sumbu y :  
 $V_{ty} \geq 85\% \cdot V$   
 $72604,15 \text{ kg} \geq 85\% \cdot 157310 \text{ kg}$   
 $72604,15 \text{ kg} < 133713,69 \text{ kg}$   
Maka gaya harus dikali  $0,85 \cdot \frac{V}{V_{tx}} = 1,84$

Dari skala pembesaran yang didapat tiap arah, maka dikalikan nilai faktor pembesaran tiap arah. Perhitungan faktor pembesaran tiap arah menjadi:

- Arah x  
 $U1 = 1,225 \cdot 1,68$   
 $= 2,06$   
 $U2 = 0,3675 \cdot 1,84$   
 $= 0,68$
- Arah y  
 $U1 = 0,3675 \cdot 1,68$   
 $= 0,62$   
 $U2 = 1,225 \cdot 1,84$   
 $= 2,26$

Setelah dilakukan perubahan faktor pembesaran pada program bantu SAP 2000, nilai geser dasar respons ( $V_t$ ) menjadi :

**Tabel 4.8.** Geser Dasar Respons ( $V_t$ ) setelah Diperbesar Faktor Pembesaran

| OutputCase<br>Text | CaseType<br>Text | StepType<br>Text | GlobalFX<br>Kgf | GlobalFY<br>Kgf |
|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Ex                 | LinRespSpec      | Max              | 133881,77       | 40302,71        |
| Ey                 | LinRespSpec      | Max              | 40294,51        | 133947,24       |

- Untuk geser dasar sumbu x :  
 $V_{tx} \geq 85\% \cdot V$   
 $133881,77 \text{ kg} \geq 85\% \cdot 157310 \text{ kg}$   
 $133881,77 \text{ kg} > 133713,69 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$
- Untuk geser dasar sumbu y :  
 $V_{ty} \geq 85\% \cdot V$   
 $133947,24 \text{ kg} \geq 85\% \cdot 157310 \text{ kg}$   
 $133947,24 \text{ kg} > 133713,69 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$

#### 4.2.8 Kontrol Simpang Antar Lantai

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1 dijelaskan bahwa nilai simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta_i$ ) tidak boleh melebihi nilai simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ). Nilai simpangan antar lantai tingkat desain didapatkan dari output *Displacement* dari program bantu SAP 2000 yang diolah sesuai dengan perumusan pada sub bab 2.4.4. Hasil dari control simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut :

**Tabel 4.9. Kontrol Simpangan Antar Lantai  
Sumbu X**

| Lantai | Tinggi<br>(m) | Tinggi per<br>Lantai<br>(m) | $\delta_a$<br>(mm) | $\delta_i$<br>(mm) | $\delta_a - \delta_{a(i-1)}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>(mm) | $\Delta_a$<br>(mm) | Kontrol |
|--------|---------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Atap   | 40            | 4                           | 70,72              | 388,93             | 2,99                                 | 16,46              | 80                 | OK      |
| 10     | 36            | 4                           | 67,72              | 372,48             | 4,06                                 | 22,30              | 80                 | OK      |
| 9      | 32            | 4                           | 63,67              | 350,17             | 5,48                                 | 30,15              | 80                 | OK      |
| 8      | 28            | 4                           | 58,19              | 320,02             | 6,84                                 | 37,61              | 80                 | OK      |
| 7      | 24            | 4                           | 51,35              | 282,41             | 8,07                                 | 44,38              | 80                 | OK      |
| 6      | 20            | 4                           | 43,28              | 238,03             | 8,86                                 | 48,74              | 80                 | OK      |
| 5      | 16            | 4                           | 34,42              | 189,30             | 9,67                                 | 53,20              | 80                 | OK      |
| 4      | 12            | 4                           | 24,75              | 136,10             | 10,10                                | 55,53              | 80                 | OK      |
| 3      | 8             | 4                           | 14,65              | 80,58              | 9,42                                 | 51,80              | 80                 | OK      |
| 2      | 4             | 4                           | 5,23               | 28,77              | 5,23                                 | 28,77              | 80                 | OK      |
| 1      | 0             | 0                           | 0                  | 0,00               | 0,00                                 | 0,00               | 0                  |         |

**Tabel 4.10. Kontrol Simpangan Antar Lantai  
Sumbu Y**

| Lantai | Tinggi<br>(m) | Tinggi per<br>Lantai<br>(m) | $\delta_a$<br>(mm) | $\delta_i$<br>(mm) | $\delta_a - \delta_{a(i-1)}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>(mm) | $\Delta_a$<br>(mm) | Kontrol |
|--------|---------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Atap   | 40            | 4                           | 81,21              | 446,66             | 4,12                                 | 22,66              | 80                 | OK      |
| 10     | 36            | 4                           | 77,09              | 424,00             | 5,09                                 | 27,99              | 80                 | OK      |
| 9      | 32            | 4                           | 72,001             | 396,01             | 6,54                                 | 35,99              | 80                 | OK      |
| 8      | 28            | 4                           | 65,457             | 360,01             | 7,95                                 | 43,70              | 80                 | OK      |
| 7      | 24            | 4                           | 57,512             | 316,32             | 9,22                                 | 50,69              | 80                 | OK      |
| 6      | 20            | 4                           | 48,295             | 265,62             | 10,05                                | 55,29              | 80                 | OK      |
| 5      | 16            | 4                           | 38,243             | 210,34             | 10,89                                | 59,90              | 80                 | OK      |
| 4      | 12            | 4                           | 27,352             | 150,44             | 11,30                                | 62,13              | 80                 | OK      |
| 3      | 8             | 4                           | 16,055             | 88,30              | 10,42                                | 57,32              | 80                 | OK      |
| 2      | 4             | 4                           | 5,634              | 30,99              | 5,63                                 | 30,99              | 80                 | OK      |
| 1      | 0             | 0                           | 0                  | 0,00               | 0,00                                 | 0,00               | 0                  |         |

## 4.7 Perhitungan Struktur Sekunder

### 4.3.5 Perhitungan Pelat Lantai

Pelat lantai pada bangunan gedung yang ditinjau menggunakan bondek dengan perencanaan menggunakan tabel perencanaan praktis dari PT BRC LYSAGHT INDONESIA dengan tebal bondek 0,75 mm.

## a. Pelat lantai atap

Data perencanaan dari pelat lantai atap pada bangunan gedung yang ditinjau sebagai berikut:

Panjang : 8 meter  
 Lebar : 2 meter  
 Penyangga : Tanpa penyangga  
 Tipe bentang : Bentang ganda

Untuk beban berguna yang terjadi pada pelat lantai atap dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini:

**Tabel 4.11.** Beban Berguna Pelat Lantai Atap

| Keterangan                 | Item Beban               | Beban per Item (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Beban Mati                 | Aspal 1 cm               | 14                                  |
|                            | Plafond +<br>Penggantung | 18                                  |
|                            | Mechanical<br>Electrical | 30                                  |
| Beban Hidup                | Lantai Atap              | 100                                 |
| <b>Total Beban</b>         |                          | <b>162</b>                          |
| <b>Beban Berguna Pakai</b> |                          | <b>200</b>                          |

Dengan bantuan tabel perencanaan praktis maka didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat} &= 9 \text{ cm.} \\
 A_{s \text{ perlu U-24}} &= 1,36 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 A_{s \text{ perlu U-50}} &= A_{s \text{ perlu U-24}} \cdot \frac{\text{Teg. Leleh U-24}}{\text{Teg. Leleh U-50}} \\
 &= 1,36 \text{ cm}^2/\text{m} \cdot \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 0,653 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut:

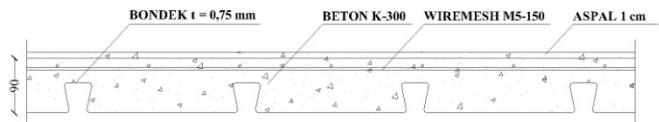
|                |                                |
|----------------|--------------------------------|
| Merk           | = CV. Enka Sinergi             |
| Dimensi        | = M5 – 150                     |
| Diameter       | = 5 mm                         |
| Spasi          | = 150 mm                       |
| Mutu           | = U-50                         |
| $A_s$ wiremesh | = $1,31 \text{ cm}^2/\text{m}$ |

Kontrol untuk tulangan negatif pelat lantai atap adalah:

$$A_s \text{ perlu U-50} \leq A_s \text{ wiremesh}$$

$$0,653 \text{ cm}^2/\text{m} < 1,31 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka pelat lantai atap didesain tebal 9 cm dengan wiremesh M5 – 150. Gambar penulangan pelat lantai atap dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1.** Penulangan pelat lantai atap

b. Pelat lantai 2 – 10

Data perencanaan dari pelat lantai 2-10 pada bangunan gedung yang ditinjau sebagai berikut:

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Panjang      | : 8 meter         |
| Lebar        | : 2 meter         |
| Penyangga    | : Tanpa penyangga |
| Tipe bentang | : Bentang ganda   |

Untuk beban berguna yang terjadi pada pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini:

**Tabel 4.12.** Beban Berguna Pelat Lantai 2-10

| Keterangan                 | Item Beban               | Beban per Item<br>(kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| Beban Mati                 | Spesi 2 cm               | 42                                     |
|                            | Keramik 1 cm             | 24                                     |
|                            | Plafond +<br>Penggantung | 18                                     |
|                            | Mechanical<br>Electrical | 30                                     |
| Beban Hidup                | Lantai Atap              | 250                                    |
| <b>Total Beban</b>         |                          | <b>364</b>                             |
| <b>Beban Berguna Pakai</b> |                          | <b>400</b>                             |

Dengan bantuan tabel perencanaan praktis maka didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat} &= 9 \text{ cm.} \\
 A_{s \text{ perlu U-24}} &= 1,95 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 A_{s \text{ perlu U-50}} &= A_{s \text{ perlu U-24}} \cdot \frac{\text{Teg. Leleh U-24}}{\text{Teg. Leleh U-50}} \\
 &= 1,95 \text{ cm}^2/\text{m} \cdot \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 0,936 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

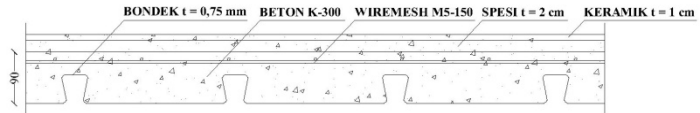
Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Merk} &= \text{CV. Enka Sinergi} \\
 \text{Dimensi} &= \text{M5 – 150} \\
 \text{Diameter} &= 5 \text{ mm} \\
 \text{Spasi} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Mutu} &= \text{U-50} \\
 A_{s \text{ wiremesh}} &= 1,31 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Kontrol untuk tulangan negatif pelat lantai 2-10 adalah:

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu U-50}} &\leq A_{s \text{ wiremesh}} \\
 0,936 \text{ cm}^2/\text{m} &< 1,31 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Maka pelat lantai atap didesain tebal 9 cm dengan wiremesh M5 – 150. Gambar penulangan pelat lantai 2-10 dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



**Gambar 4.2.** Penulangan pelat lantai 2-10

#### 4.3.6 Perhitungan Balok Anak

##### a. Balok anak lantai atap

Balok anak lantai atap didesain menggunakan profil WF. Untuk dimensi dari balok anak atap dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini :

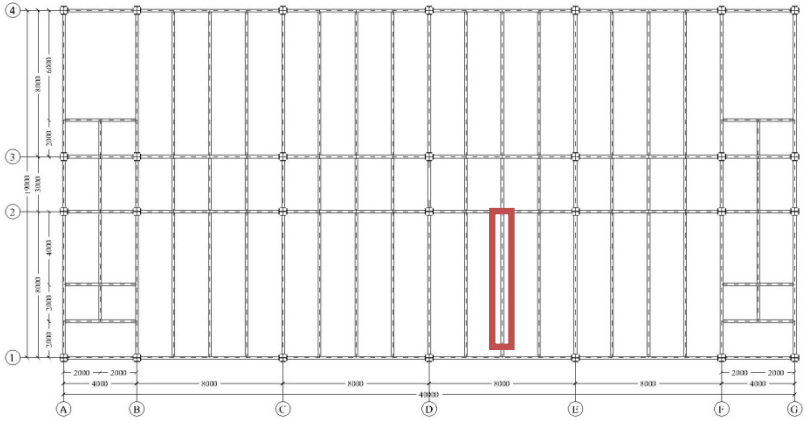
**Tabel 4.13.** Dimensi Balok Anak Lantai Atap

| <b>WF 300.150.6,5.9</b> |   |       |                 |       |                         |
|-------------------------|---|-------|-----------------|-------|-------------------------|
| W                       | = | 36,7  | mm              | $r_x$ | = 12,4 cm               |
| d                       | = | 300   | mm              | $r_y$ | = 3,29 cm               |
| b                       | = | 150   | mm              | $S_x$ | = 481 cm <sup>3</sup>   |
| $t_w$                   | = | 6,5   | mm              | $S_y$ | = 67,7 cm <sup>3</sup>  |
| $t_f$                   | = | 9     | mm              | $Z_x$ | = 522,1 cm <sup>3</sup> |
| r                       | = | 13    | mm              | $Z_y$ | = 104,2 cm <sup>3</sup> |
| A                       | = | 46,78 | cm <sup>2</sup> | J     | = 9,87 cm <sup>4</sup>  |
| $I_x$                   | = | 7210  | cm <sup>4</sup> | $F_y$ | = 250 Mpa               |
| $I_y$                   | = | 508   | cm <sup>4</sup> | E     | = 200000 Mpa            |

Gambar potongan penampang dan letak dari balok anak atap yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



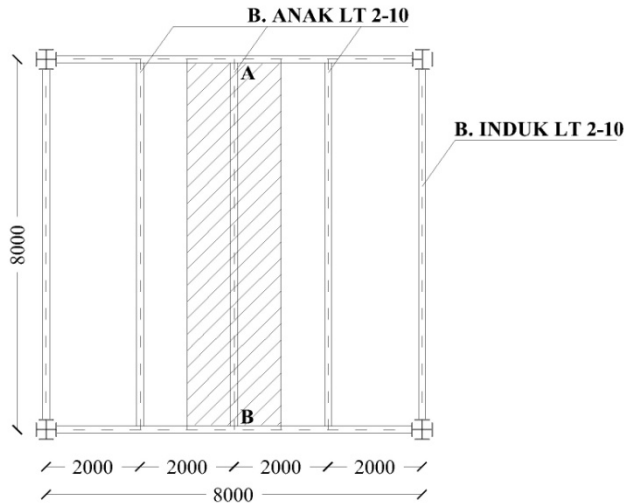
**Gambar 4.3.** Potongan penampang balok anak atap



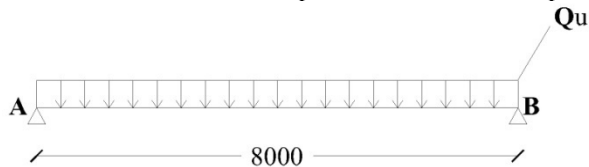
**Gambar 4.4.** Balok anak lantai atap yang ditinjau

Perhitungan gaya dalam pada balok anak lantai atap serta gambar denah dan mekanika teknik sebagai berikut:





**Gambar 4.5.** Model beban pada balok anak lantai atap



**Gambar 4.6.** Gambar mekanika balok anak lantai atap

- **Beban Mati**

|                                            |                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|
| Pelat lantai                               | = $216 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$  | = 432 kg/m   |
| Bondek                                     | = $10,1 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$ | = 20,2 kg/m  |
| Berat sendiri                              | = 36,7 kg/m                                | = 36,7 kg/m  |
| Aspal 1 cm                                 | = $21 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 24 kg/m    |
| Plafond+penggantung                        | = $18 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 36 kg/m    |
| Mechanical electrical                      | = $30 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 60 kg/m    |
| <b>Total Beban Mati (<math>Q_D</math>)</b> |                                            | = 612,9 kg/m |
- **Beban Hidup**

|                                             |                                           |            |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|
| Lantai atap                                 | = $100 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$ | = 200 kg/m |
| <b>Total Beban Hidup (<math>Q_L</math>)</b> |                                           | = 200 kg/m |

- Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Q_{U1} &= 1,2.Q_D + 1,6.Q_L \\ &= 1,2.612,9 \text{ kg/m} + 1,6.200 \text{ kg/m} \\ &= 1055,48 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{U2} &= Q_D + Q_L \\ &= 612,9 \text{ kg/m} + 200 \text{ kg/m} \\ &= 812,9 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Gaya Dalam

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \cdot Q_{U1} \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1055,48 \text{ kg/m} \cdot 8 \text{ m} \\ &= 4221,92 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \cdot Q_{U1} \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1055,48 \text{ kg/m} \cdot (8 \text{ m})^2 \\ &= 8443,84 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot Q_{U2} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \\ &= 3,01 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b_f}{2 \cdot t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{150}{2 \cdot 9} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75 \end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= \frac{300-2.9}{6,5} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\
 &= 43,38 & &= 106,5
 \end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga  $M_n = M_p$ .

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 163,78 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Elemen untuk Lentur

$$\begin{aligned}
 M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 8443,84 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x \\
 8443,84 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 522,1 \text{ cm}^3 \\
 8443,84 \text{ kg.m} &< 11746,72 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Kontrol Elemen untuk Geser

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= 43,38 \\
 1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{F_y}} &= 69,57
 \end{aligned}$$

Karena  $h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$ , maka  $C_v = 1$ .

$$\begin{aligned}
 V_U &\leq \phi_v \cdot V_n \\
 4221,92 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 4221,92 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 18,33 \text{ cm}^2 \cdot 1 \\
 4221,92 \text{ kg} &< 24745,5 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$f \leq f_{ijin}$$

$$3,01 \text{ cm} \leq L/240$$

$$3,01 \text{ cm} < 3,33 \text{ cm} \quad (\text{memenuhi})$$

Karena kontrol desain penampang memenuhi, maka profil WF 300.150.6,5.9 dapat digunakan.

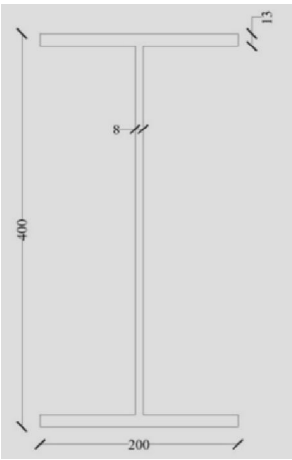
b. Balok anak lantai 2 – 10

Balok anak lantai 2-10 didesain menggunakan profil WF. Untuk dimensi dari balok anak lantai dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini :

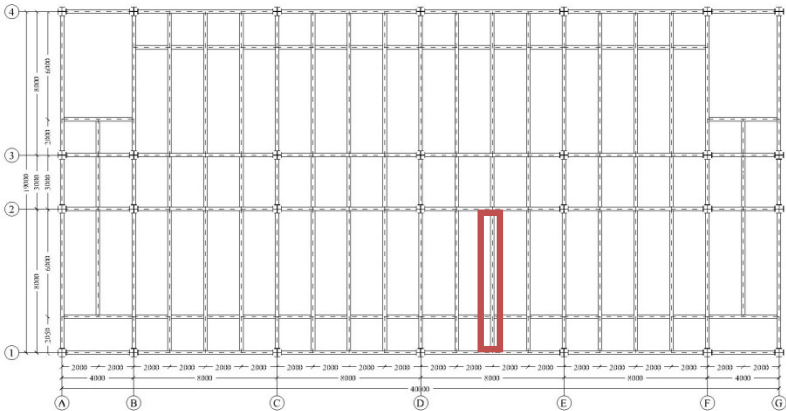
**Tabel 4.14.** Dimensi Balok Anak Lantai 2-10

| <b>WF 400.200.8.13</b> |   |       |                 |       |                         |
|------------------------|---|-------|-----------------|-------|-------------------------|
| W                      | = | 66    | mm              | $r_x$ | = 16,8 cm               |
| d                      | = | 400   | mm              | $r_y$ | = 4,54 cm               |
| b                      | = | 200   | mm              | $S_x$ | = 1190 cm <sup>3</sup>  |
| $t_w$                  | = | 8     | mm              | $S_y$ | = 174 cm <sup>3</sup>   |
| $t_f$                  | = | 13    | mm              | $Z_x$ | = 1286 cm <sup>3</sup>  |
| r                      | = | 16    | mm              | $Z_y$ | = 266 cm <sup>3</sup>   |
| A                      | = | 84,12 | cm <sup>2</sup> | J     | = 35,68 cm <sup>4</sup> |
| $I_x$                  | = | 23700 | cm <sup>4</sup> | $F_y$ | = 250 Mpa               |
| $I_y$                  | = | 1740  | cm <sup>4</sup> | E     | = 200000 Mpa            |

Gambar potongan penampang dan letak dari balok anak lantai yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

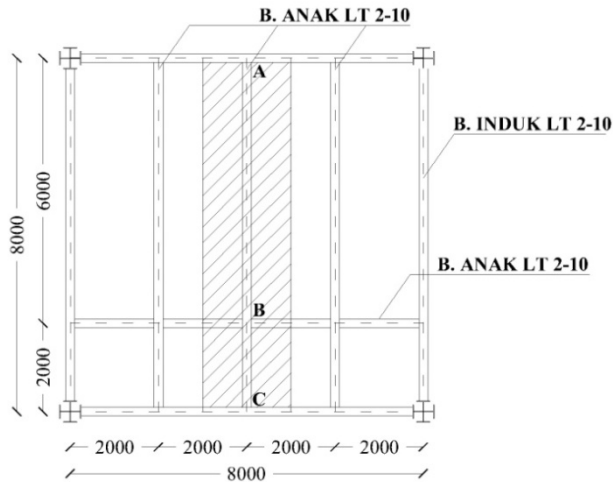


Gambar 4.7. Potongan penampang balok anak lantai

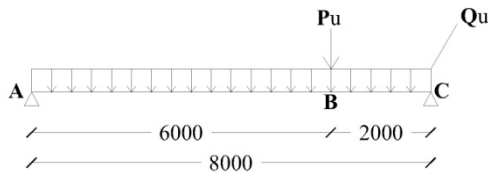


Gambar 4.8. Balok anak lantai 2-10 yang ditinjau

Perhitungan gaya dalam pada balok anak lantai 2-10 serta gambar denah dan mekanika teknik sebagai berikut:



**Gambar 4.9.** Model beban pada balok anak lantai 2-10



**Gambar 4.10.** Gambar mekanika balok anak lantai 2-10

- **Beban Mati Merata**

|                                                  |                                            |                    |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| Pelat lantai                                     | = $216 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$  | = 432 kg/m         |
| Bondek                                           | = $10,1 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$ | = 20,2 kg/m        |
| Berat sendiri                                    | = 36,7 kg/m                                | = 36,7 kg/m        |
| Spesi 2 cm                                       | = $42 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 84 kg/m          |
| Keramik 1 cm                                     | = $24 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 48 kg/m          |
| Plafond+penggantung                              | = $18 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 36 kg/m          |
| Mechanical electrical                            | = $30 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   | = 60 kg/m          |
| <b>Total Beban Mati Merata(<math>Q_D</math>)</b> |                                            | <b>= 986,2kg/m</b> |

- **Beban Hidup**

|                                             |                                           |                   |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| Lantai hunian                               | = $250 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$ | = 500 kg/m        |
| <b>Total Beban Hidup (<math>Q_L</math>)</b> |                                           | <b>= 500 kg/m</b> |

- **Beban Mati Terpusat**  
 Berat sendiri =  $66 \text{ kg/m} \times 2 \text{ m} = 132 \text{ kg}$   
 Dinding bata ringan =  $240 \text{ kg/m} \times 2 \text{ m} = 480 \text{ kg}$   


---

**Total Beban Mati Terpusat ( $P_D$ )** = 612 kg
- **Kombinasi Pembebanan**  

$$Q_{U1} = 1,2 \cdot Q_D + 1,6 \cdot Q_L$$

$$= 1,2 \cdot 986,2 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 500 \text{ kg/m}$$

$$= 1983,44 \text{ kg/m}$$

$$Q_{U2} = Q_D + Q_L$$

$$= 986,2 \text{ kg/m} + 500 \text{ kg/m}$$

$$= 1486,2 \text{ kg/m}$$

$$P_{U1} = 1,2 P_D$$

$$= 1,2 \cdot 612 \text{ kg}$$

$$= 734,4 \text{ kg}$$

$$P_{U2} = P_D$$

$$= 612 \text{ kg}$$
- **Gaya Dalam**  

$$V_U = \frac{1}{2} \cdot Q_{U1} \cdot L + P_{U1} \cdot \frac{L}{L_{AB}}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1983,44 \text{ kg/m} \cdot 8 \text{ m} + 734,4 \text{ kg} \cdot \frac{8 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$= 8912,96 \text{ kg}$$

$$M_U = \frac{1}{8} \cdot Q_{U1} \cdot L^2 + \frac{1}{2} \cdot P_{U1} \cdot \frac{L_{AB}}{L}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 1983,44 \text{ kg/m} \cdot (8 \text{ m})^2 + \frac{1}{2} \cdot 734,4 \text{ kg} \cdot \frac{6 \text{ m}}{8 \text{ m}}$$

$$= 16142,92 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$f = \frac{5 \cdot Q_{U2} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_{U2} \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

$$= 1,67 \text{ cm}$$

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{200}{2.13} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 7,69 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{400-2.13}{8} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 46,75 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga  $M_n = M_p$ .

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 226 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Elemen untuk Lentur

$$\begin{aligned}M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\ 16142,92 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x \\ 16142,92 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1286 \text{ cm}^3 \\ 16142,92 \text{ kg.m} &< 28933,92 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$



- Kontrol Elemen untuk Geser

$$\frac{h}{t_w} = 46,75$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} = 69,57$$

Karena  $h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$ , maka  $C_v = 1$ .

$$V_U \leq \phi_v \cdot V_n$$

$$8912,96 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$8912,96 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 29,92 \text{ cm}^2 \cdot 1$$

$$8912,96 \text{ kg} < 40392 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol Lendutan

$$f \leq f_{ijin}$$

$$1,67 \text{ cm} \leq L/360$$

$$1,67 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm} \quad (\text{memenuhi})$$

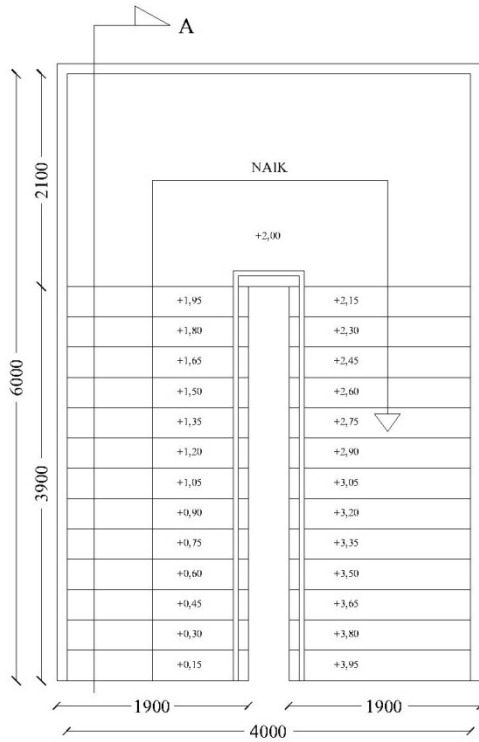
Karena kontrol desain penampang memenuhi, maka profil WF 400.200.8.13 dapat digunakan.

#### 4.3.7 Perhitungan Struktur Tangga

Struktur tangga dimodelkan hanya sebagai beban untuk struktur primer. Dalam perencanaan ini, tangga didesain menjadi 1 tipe. Untuk data perencanaan dapat dilihat didalam Tabel 4.15 dan denah tangga dapat dilihat pada Gambar 4.11.

**Tabel 4.15.** Data Perencanaan Tangga

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| <b>Lebar Tangga</b>      | 1,8 | m  |
| <b>Panjang Tangga</b>    | 3,9 | m  |
| <b>Lebar Bordes</b>      | 2,1 | m  |
| <b>Panjang Bordes</b>    | 4   | m  |
| <b>Tinggi per Lantai</b> | 4   | m  |
| <b>Tinggi Bordes</b>     | 2   | m  |
| <b>Injakan, i</b>        | 30  | cm |
| <b>Tanjakan, t</b>       | 15  | cm |



**Gambar 4.11.** Denah tangga

Untuk perhitungan perencanaan struktur tangga dijelaskan dibawah ini:

- Jumlah injakan

$$\begin{aligned}
 n_t &= \frac{\text{Tinggi Bordes}}{t} \\
 &= \frac{200 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \\
 &= 13,33 \approx 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Jumlah tanjakan

$$\begin{aligned}
 n_i &= n_t + 1 \\
 &= 13 + 1 \\
 &= 14 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Sudut kemiringan tangga

$$\begin{aligned}\alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\ &= \arctan \frac{30}{15} \\ &= 31,30^\circ\end{aligned}$$

- Kontrol dimensi tangga

Syarat injakan dan tanjakan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 2 \cdot 15 + 30 \leq 65 \quad (\text{Memenuhi})$$

Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

$$25^\circ \leq 31,30^\circ \leq 45^\circ \quad (\text{Memenuhi})$$

- a. Perencanaan pelat anak tangga dan bordes

Penentuan ketebalan dari pelat anak tangga dan dan bordes menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis yang ada dari PT BRC LYSAGHT INDONESIA dengan tebal 0,75 mm.

Data perencanaan dari pelat lantai anak tangga dan bordes sebagai berikut:

Span : 2 meter

Penyangga : Tanpa penyangga

Tipe bentang : Bentang ganda

Untuk beban berguna yang terjadi pada pelat anak tangga dan bordes dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini:

**Tabel 4.16.** Beban Berguna Pelat Anak Tangga dan Bordes

| Keterangan                 | Item Beban    | Beban per Item (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Beban Mati                 | Spesi 2 cm    | 42                                  |
|                            | Keramik 1 cm  | 24                                  |
|                            | Sandaran besi | 20                                  |
| Beban Hidup                | Lantai Tangga | 300                                 |
| <b>Total Beban</b>         |               | <b>386</b>                          |
| <b>Beban Berguna Pakai</b> |               | <b>400</b>                          |

Dengan bantuan tabel perencanaan praktis maka didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat} &= 9 \text{ cm.} \\
 A_s \text{ perlu U-24} &= 1,95 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 A_s \text{ perlu U-50} &= A_s \text{ perlu U-24} \cdot \frac{\text{Teg. Leleh U-24}}{\text{Teg. Leleh U-50}} \\
 &= 1,95 \text{ cm}^2/\text{m} \cdot \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 0,936 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Merk} &= \text{CV. Enka Sinergi} \\
 \text{Dimensi} &= \text{M5 - 150} \\
 \text{Diameter} &= 5 \text{ mm} \\
 \text{Spasi} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Mutu} &= \text{U-50} \\
 A_s \text{ wiremesh} &= 1,31 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

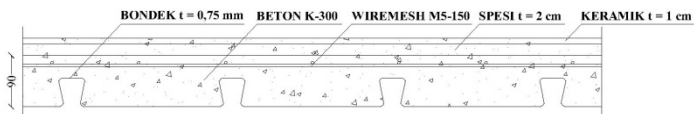
Kontrol untuk tulangan negatif pelat anak tangga dan bordes adalah:

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu U-50} &\leq A_s \text{ wiremesh} \\
 0,936 \text{ cm}^2/\text{m} &< 1,31 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Untuk tebal total plat + anak tangga:

$$\begin{aligned}
 t_{\text{plat} + \text{anak tangga}} &= \text{tebal pelat} + \frac{i}{2} \cdot \sin \alpha \\
 &= 9 \text{ cm} + \frac{30 \text{ cm}}{2} \cdot \sin 31,3^\circ \\
 &= 16,79 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka pelat anak tangga didesain tebal 17 cm dengan tulangan negatif wiremesh M5-150 dan pelat bordes didesain tebal 9 cm dengan wiremesh M5 – 150. Gambar penulangan pelat lantai atap dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut:



**Gambar 4.12.** Penulangan pelat anak tangga dan bordes

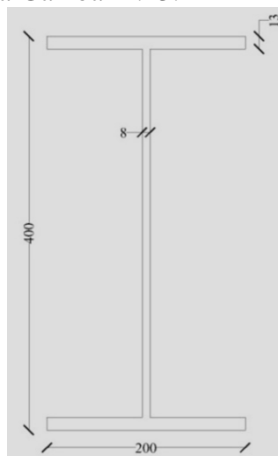
b. Perencanaan balok utama tangga

Balok utama tangga didesain menggunakan profil WF. Untuk dimensi dari balok utama tangga dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini :

**Tabel 4.17.** Dimensi Balok Utama Tangga

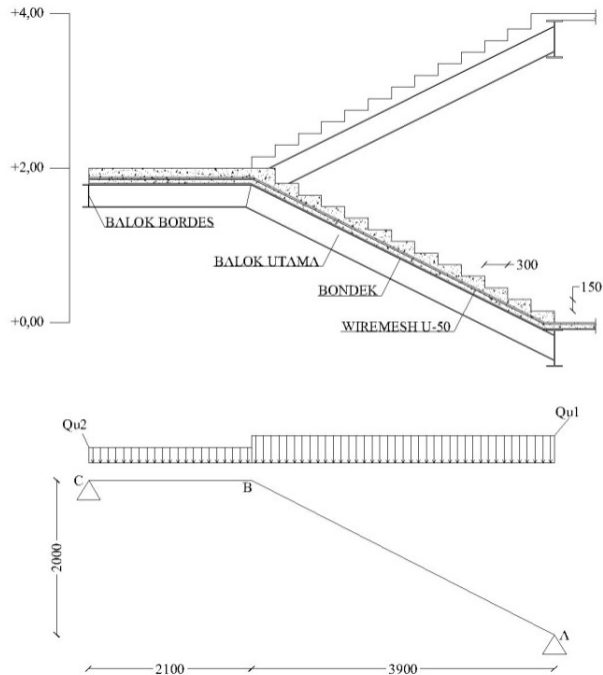
| WF 300.150.6,5.9 |   |       |                 |           |                         |
|------------------|---|-------|-----------------|-----------|-------------------------|
| W                | = | 36,7  | mm              | $r_x$     | = 12,4 cm               |
| d                | = | 300   | mm              | $r_y$     | = 3,29 cm               |
| b                | = | 150   | mm              | $S_x$     | = 481 cm <sup>3</sup>   |
| $t_w$            | = | 6,5   | mm              | $S_y$     | = 67,7 cm <sup>3</sup>  |
| $t_f$            | = | 9     | mm              | $Z_{x_x}$ | = 522,1 cm <sup>3</sup> |
| r                | = | 13    | mm              | $Z_y$     | = 104,2 cm <sup>3</sup> |
| A                | = | 46,78 | cm <sup>2</sup> | J         | = 9,87 cm <sup>4</sup>  |
| $I_x$            | = | 7210  | cm <sup>4</sup> | $F_y$     | = 250 Mpa               |
| $I_y$            | = | 508   | cm <sup>4</sup> | E         | = 200000 Mpa            |

Gambar potongan penampang dari balok utama tangga dapat dilihat pada Gambar 4.13.



**Gambar 4.13.** Potongan penampang balok utama tangga

Perhitungan gaya dalam pada balok utama tangga serta gambar mekanika teknik sebagai berikut:



**Gambar 4.14.** Potongan dan mekanika teknik balok utama tangga

- **Beban Pada Anak Tangga ( $Q_{U1}$ )**

**Beban mati**

$$\text{Pelat anak tangga} = 408 \text{ kg/m}^2 \times 0,9\text{m} / \cos 31,3^\circ = 429 \text{ kg/m}$$

$$\text{Bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 0,9\text{m} / \cos 31,3^\circ = 10,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 36,7 \text{ kg/m} / \cos 31,3^\circ = 42,9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi 2 cm} = 42 \text{ kg/m}^2 \times 0,9\text{m} \cdot \frac{0,3+0,15}{0,3} = 56,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik 1 cm} = 24 \text{ kg/m}^2 \times 0,9\text{m} \cdot \frac{0,3+0,15}{0,3} = 32,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 572,4 \text{ kg/m} \times 10\% = 57,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total Beban Mati (} Q_{D1} \text{)} = 629,7 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$\text{Tangga} = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} = 270 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total Beban Hidup (Q}_{L1}\text{)} = 270 \text{ kg/m}$$

Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} Q_{U1} &= 1,2 Q_{D1} + 1,6 Q_{L1} \\ &= 1,2 \cdot 629,7 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 270 \text{ kg/m} \\ &= 1187,62 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Pada Bordes (Q<sub>U2</sub>)

Beban mati

$$\text{Pelat bordes} = 216 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} = 194 \text{ kg/m}$$

$$\text{Bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} = 9,1 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} = 36,7 \text{ kg/m} = 36,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi 2 cm} = 42 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} = 37,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik 1 cm} = 24 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} = 21,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 299,6 \text{ kg/m} \times 10\% = 29,9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total Beban Mati (Q}_{D2}\text{)} = 329,5 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$\text{Bordes} = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} = 270 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total Beban Hidup (Q}_{L2}\text{)} = 270 \text{ kg/m}$$

Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} Q_{U2} &= 1,2 Q_{D2} + 1,6 Q_{L2} \\ &= 1,2 \cdot 329,5 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 270 \text{ kg/m} \\ &= 827,46 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Reaksi Perletakan

$$\sum MA = 0$$

$$0 = -RC \cdot 6 \text{ m} + Q_{U1} \cdot 3,9 \text{ m} \cdot 1,95 \text{ m} + Q_{U2} \cdot 2,1 \text{ m} \cdot 4,95 \text{ m}$$

$$RC = 2938,88 \text{ kg}$$

$$\sum MC = 0$$

$$0 = RA \cdot 6 \text{ m} - Q_{U1} \cdot 3,9 \text{ m} \cdot 4,05 \text{ m} - Q_{U2} \cdot 2,1 \text{ m} \cdot 1,05 \text{ m}$$

$$RA = 3430,50 \text{ kg}$$

Kontroling

$$\sum V = 0$$

$$0 = RA + RC - Q_{U1}.3,9m - Q_{U2}.2,1m$$

$$0 = 3430,5 \text{ kg} + 2938,88 \text{ kg} - 4631,72 \text{ kg} - 1737,66 \text{ kg}$$

$$0 = 0 \quad (\text{memenuhi})$$

- Momen Ultimate

Momen maksimum terjadi bila  $dM_x/dx = 0$ . Maka untuk mencari letak momen maksimum sebagai berikut:

$$M_x = RA.X - \frac{1}{2}Q_{U1}.X^2$$

$$= 3430,5.X - 593,81.X^2$$

$$dM_x/dx = 3430,5 - 2.(593,81).X$$

$$0 = 3430,5 - 1187,62.X$$

$$X = 2,89 \text{ m}$$

Sehingga momen maksimum yang digunakan menjadi momen ultimate pada balok utama tangga adalah :

$$M_U = 3430,5 \text{ kg}.2,89 \text{ m} - 593,81 \text{ kg}.(2,89 \text{ m})^2$$

$$= 4954,59 \text{ kg.m}$$

- Gaya Geser Ultimate

Untuk gaya geser pada titik A, maka :

$$X = 0 \text{ m}$$

$$V_A = RA.\cos\alpha$$

$$= 3430,5 \text{ kg} . \cos 31,30^\circ$$

$$= 2931,22 \text{ kg}$$

Untuk gaya geser pada titik B lihat kanan :

$$X = 3,9 \text{ m}$$

$$V_{B\text{kanan}} = RA.\cos\alpha - Q_{U1}.X.\cos\alpha$$

$$= 2931,33\text{kg} - 1187,62\text{kg/m}.3,9\text{m}.\cos 31,30^\circ$$

$$= -1026,4 \text{ kg}$$

Untuk gaya geser pada titik B lihat kiri :

$$X = 2,1 \text{ m}$$

$$V_{B\text{kiri}} = RC - Q_{U2}.X.$$

$$= 2938,88 \text{ kg} - 827,46 \text{ kg/m} . 2,1 \text{ m}$$

$$= 1201,22 \text{ kg}$$



Untuk gaya geser pada titik C, maka :

$$\begin{aligned} X &= 6 \text{ m} \\ V_c &= RC \\ &= 2938,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga nilai gaya geser ultimate yang dipakai adalah:

$$V_U = 2938,88 \text{ kg}$$

- Gaya Normal Ultimate

Gaya normal yang terjadi pada bentang AB adalah:

$$\begin{aligned} N_A &= -RA.\sin\alpha \\ &= -3430,5 \text{ kg}.\sin 31,30^\circ \\ &= -1782,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Bkanan} &= -RA.\cos\alpha + Q_{U1}.X.\cos\alpha \\ &= -1782,2 \text{ kg} + 1187,62 \text{ kg/m} \cdot 3,9 \text{ m} \cdot \sin 31,30^\circ \\ &= 624,06 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_{Bkiri} = N_C = 0 \text{ kg}$$

Sehingga nilai gaya normal ultimate yang dipakai adalah:

$$P_U = 1782,21 \text{ kg}$$

Perhitungan kontrol desain penampang untuk balok utama tangga sebagai berikut :

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{150}{2.9} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75 \end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300-2.9}{6,5} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 43,38 & &= 106,5 \end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga  $M_n = M_p$ .

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 163,78 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Elemen Lentur

$$\begin{aligned} M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\ 4954,59 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x \\ 4954,59 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 522,1 \text{ cm}^3 \\ 4954,59 \text{ kg.m} &< 11746,72 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

- Kontrol Elemen Geser

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= 43,38 \\ 1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{F_y}} &= 69,57 \end{aligned}$$

Karena  $h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$ , maka  $C_v = 1$ .

$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi_v \cdot V_n \\ 2938,88 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ 2938,88 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 18,33 \text{ cm}^2 \cdot 1 \\ 2938,88 \text{ kg} &< 24745,5 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

- Kontrol Elemen Tekan

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 200000 \text{ Mpa}}{\left(\frac{1 \cdot (2,1 + 3,9 / \cos 31,30)}{12,4 \frac{\text{cm}}{100}}\right)^2} \\ &= 683,38 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y/F_e &= 250 \text{ Mpa} / 683,38 \text{ Mpa} \\ &= 0,37 \end{aligned}$$

Karena  $F_y/F_e < 2,25$  maka :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \\ &= [0,658^{0,37}] \cdot 250 \text{ Mpa} \\ &= 214,51 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Untuk kontrol elemen tekan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_U &\leq \phi_c \cdot P_n \\ 1782,21 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot F_{cr} \cdot A_g \\ 1782,21 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 214,51 \text{ kg/cm}^2 \cdot 46,78 \text{ cm}^2 \\ 1782,21 \text{ kg} &< 90311,73 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

- Kontrol elemen tekan – lentur

$$\begin{aligned} \frac{P_U}{P_c} &= \frac{1782,21 \text{ kg}}{90311,73 \text{ kg}} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Karena  $P_U/P_c < 0,2$  maka:

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1 \\ \frac{1782,21 \text{ kg}}{2 \cdot 90311,73 \text{ kg}} + \left( \frac{4954,59 \text{ kg.m}}{11746,72 \text{ kg.m}} \right) &\leq 1 \\ 0,43 &< 1 \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Karena kontrol desain penampang memenuhi, maka profil WF 300.150.6,5.9 dapat digunakan.

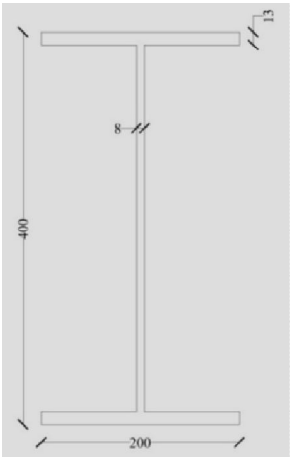
- Perencanaan balok penumpu bordes

Balok penumpu bordes didesain menggunakan profil WF. Untuk dimensi dari balok penumpu bordes dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut ini :

**Tabel 4.18.** Dimensi Balok Penumpu Bordes

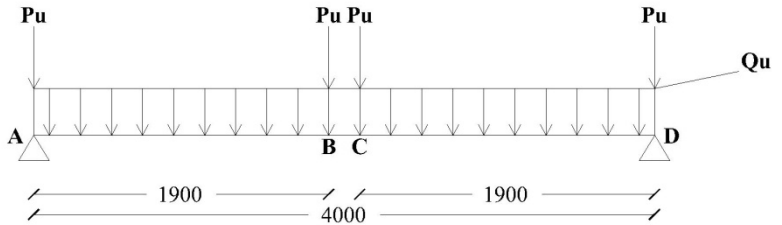
| WF 300.150.6,5.9 |   |       |                 |       |                         |
|------------------|---|-------|-----------------|-------|-------------------------|
| W                | = | 36,7  | mm              | $r_x$ | = 12,4 cm               |
| d                | = | 300   | mm              | $r_y$ | = 3,29 cm               |
| b                | = | 150   | mm              | $S_x$ | = 481 cm <sup>3</sup>   |
| $t_w$            | = | 6,5   | mm              | $S_y$ | = 67,7 cm <sup>3</sup>  |
| $t_f$            | = | 9     | mm              | $Z_x$ | = 522,1 cm <sup>3</sup> |
| r                | = | 13    | mm              | $Z_y$ | = 104,2 cm <sup>3</sup> |
| A                | = | 46,78 | cm <sup>2</sup> | J     | = 9,87 cm <sup>4</sup>  |
| $I_x$            | = | 7210  | cm <sup>4</sup> | $F_y$ | = 250 Mpa               |
| $I_y$            | = | 508   | cm <sup>4</sup> | E     | = 200000 Mpa            |

Gambar potongan penampang dari balok utama tangga dapat dilihat pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15.** Potongan penampang balok penumpu bordes

Perhitungan gaya dalam pada balok bordes serta gambar mekanika teknik sebagai berikut:



**Gambar 4.16.** Gambar mekanika balok bordes

- Beban Merata pada Balok Bordes**

|                                                 |                   |             |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| Berat sendiri                                   | = 36,7 kg/m       | = 36,7kg/m  |
| Sambungan                                       | = 36,7 kg/m x 10% | = 3,7kg/m   |
| <b>Total Beban Merata (<math>Q_D</math>)</b>    |                   | = 40,4kg/m  |
| <b>Beban Merata Ultimate (<math>Q_U</math>)</b> |                   | = 48,44kg/m |
- Beban Terpusat pada Balok Bordes**

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| $P_U$ | = RC Balok Utama Tangga |
|       | = 2938,88 kg            |
- Reaksi Perletakan**

|            |                                                |
|------------|------------------------------------------------|
| $\sum M_A$ | = 0                                            |
| 0          | = RD.4 - $Q_U$ .4m.2m - $P_U$ .(1,8m+2,2m+4m)  |
| RD         | = 5974,65 kg                                   |
| $\sum M_D$ | = 0                                            |
| 0          | = -RA.4 + $Q_U$ .4m.2m + $P_U$ .(1,8m+2,2m+4m) |
| RA         | = 5974,65 kg                                   |

Kontroling :

|          |                                                      |
|----------|------------------------------------------------------|
| $\sum V$ | = 0                                                  |
| 0        | = RA + RD - $Q_U$ .4m - 4. $P_U$                     |
| 0        | = 5974,65kg + 5974,65kg - 48,44kg/m.4m + 4.2938,88kg |
| 0        | = 0 <span style="float: right;">(memenuhi)</span>    |
- Momen Ultimate**

Karena simetris, maka momen maksimal terjadi pada tengah bentang, maka:

|            |                                                  |
|------------|--------------------------------------------------|
| $M_{maks}$ | = RA.4m - $Q_U$ .2m.1m - $P_U$ .2m - $P_U$ .0,2m |
|            | = 5386,87 kg.m                                   |

Maka nilai momen ultimate:

$$\begin{aligned} M_U &= M_{maks} \\ &= 5386,87 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya Geser Ultimate

$$V_U = 5974,65 \text{ kg}$$

Perhitungan kontrol desain penampang untuk balok bordes sebagai berikut :

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{150}{2.9} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75 \end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300-2.9}{6,5} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 43,38 & &= 106,5 \end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga  $M_n = M_p$ .

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 163,78 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Elemen Lentur

$$\begin{aligned}
 M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 5386,87 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x \\
 5386,87 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 522,1 \text{ cm}^3 \\
 5386,87 \text{ kg.m} &< 11746,72 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Kontrol Elemen Geser

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= 43,38 \\
 1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{F_y}} &= 69,57
 \end{aligned}$$

Karena  $h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E/F_y}$ , maka  $C_v = 1$ .

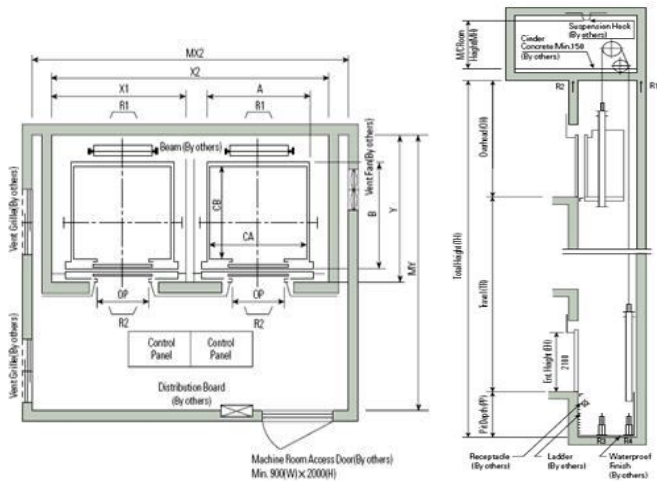
$$\begin{aligned}
 V_U &\leq \phi_v \cdot V_n \\
 5974,65 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 5974,65 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 18,33 \text{ cm}^2 \cdot 1 \\
 5974,65 \text{ kg} &< 24745,5 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Karena kontrol desain penampang memenuhi, maka profil WF 300.150.6,5.9 dapat digunakan.

#### 4.3.8 Perhitungan Balok Penumpu Lift

Pada bangunan gedung ini direncanakan menggunakan lift penumpang dengan data sebagai berikut :

|                      |             |           |
|----------------------|-------------|-----------|
| Tipe lift            | : Passenger |           |
| Merk                 | : Hyundai   |           |
| Kapasitas            | : 11 orang  |           |
| Berat penumpang      | : 750 kg    |           |
| Dimensi ruang luncur | : 3700 mm   | x 1950 mm |
| Dimensi sangkar      |             |           |
| Inside               | : 1400 mm   | x 1350 mm |
| Outide               | : 1460 mm   | x 1505 mm |
| Dimensi ruang mesin  | : 4000 mm   | x 3700 mm |
| Beban reaksi $R_1$   | : 4550 kg   |           |
| Beban reaksi $R_2$   | : 2800 kg   |           |



**Gambar 4.17.** Spesifikasi lift

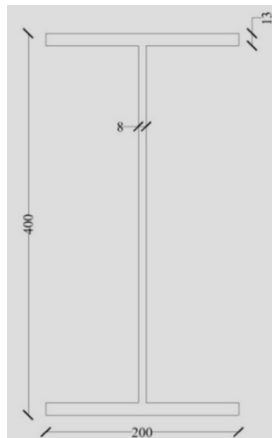
Balok penumpu lift didesain menggunakan profil WF. Untuk dimensi dari balok penumpu lift dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini :

**Tabel 4.19.** Dimensi Balok Penumpu Lift

| WF 300.150.6,5,9 |   |       |                 |       |                         |
|------------------|---|-------|-----------------|-------|-------------------------|
| W                | = | 36,7  | mm              | $r_x$ | = 12,4 cm               |
| d                | = | 300   | mm              | $r_y$ | = 3,29 cm               |
| b                | = | 150   | mm              | $S_x$ | = 481 cm <sup>3</sup>   |
| $t_w$            | = | 6,5   | mm              | $S_y$ | = 67,7 cm <sup>3</sup>  |
| $t_f$            | = | 9     | mm              | $Z_x$ | = 522,1 cm <sup>3</sup> |
| r                | = | 13    | mm              | $Z_y$ | = 104,2 cm <sup>3</sup> |
| A                | = | 46,78 | cm <sup>2</sup> | J     | = 9,87 cm <sup>4</sup>  |
| $I_x$            | = | 7210  | cm <sup>4</sup> | $F_y$ | = 250 Mpa               |
| $I_y$            | = | 508   | cm <sup>4</sup> | E     | = 200000 Mpa            |

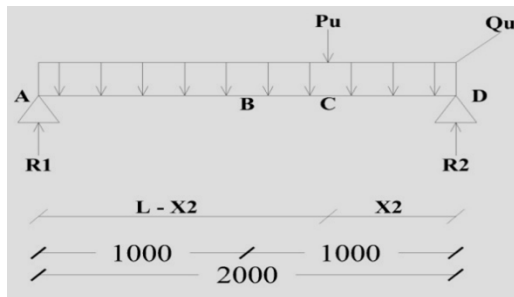
Gambar potongan penampang dari balok utama tangga dapat dilihat pada Gambar 4.18.





**Gambar 4.18.** Potongan penampang balok penumpu lift

Perhitungan gaya dalam pada balok penumpu lift serta gambar mekanika teknik sebagai berikut :



**Gambar 4.19 :** Gambar mekanika balok penumpu lift

- **Beban merata pada balok penumpu lift**  
 Berat sendiri = 66 kg/m = 66kg/m  
 Sambungan = 66 kg/m x 10% = 6,6kg/m  


---

**Total Beban Merata ( $Q_D$ )** = 72,6kg/m
- **Beban hidup**  
 Beban pekerja = 100kg/m = 100kg/m  


---

**Total Beban Hidup ( $Q_L$ )** = 100kg/m

- Beban terpusat lift  
Berdasarkan RSNI-03-1727-2010 pasal 4.7 Beban Kejut (Peraturan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan batas lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.  

$$P_U = (R_1 + R_2) \cdot 200\%$$

$$= 14700 \text{ kg}$$
- Kombinasi pembebanan  

$$Q_U = 1,2Q_D + 1,6Q_L$$

$$= 247,12 \text{ kg/m}$$
- Jarak beban terpusat lift  

$$\sum MD = 0$$

$$0 = R_1 \cdot 2\text{m} - P_U \cdot X_2$$

$$X_2 = 0,62 \text{ m}$$

Sehingga  $P_U$  berjarak 0,62 meter di kiri titik C.
- Reaksi perletakan  

$$\sum MD = 0$$

$$0 = R_A \cdot 2\text{m} - P_U \cdot 0,62\text{m} - Q_U \cdot 2\text{m} \cdot 1\text{m}$$

$$R_A = 4804,12 \text{ kg}$$

$$\sum MA = 0$$

$$0 = -R_D \cdot 2\text{m} + P_U \cdot 1,38\text{m} + Q_U \cdot 2\text{m} \cdot 1\text{m}$$

$$R_D = 10390,12 \text{ kg}$$

Kontroling

$$\sum V = 0$$

$$0 = R_A + R_D - Q_U \cdot 2\text{m} - P_U$$

$$0 = 4804,12\text{kg} + 10390,12 \text{ kg} - 494,24 \text{ kg} - 14700 \text{ kg}$$

$$0 = 0 \quad \text{(memenuhi)}$$
- Momen ultimate  

$$M_A = M_D$$

$$= 0$$

$$\begin{aligned} M_B &= RA.1\text{ m}-\frac{1}{2}.Q_U.(1\text{ m})^2 \\ &= 4680,56\text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= RA.1,38\text{ m}-\frac{1}{2}.Q_U.(1,38\text{ m})^2 \\ &= 6394,38\text{ kg.m} \end{aligned}$$

Maka nilai momen ultimate:

$$\begin{aligned} M_U &= M_{\text{maks}} \\ &= 6394,38\text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Geser ultimate

$$V_A = 4804,12\text{ kg}$$

$$V_B = 10290,12\text{ kg}$$

Maka nilai momen ultimate:

$$\begin{aligned} V_U &= V_{\text{maks}} \\ &= 10290,12\text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{150}{2.9} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75 \end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300-2.9}{6,5} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 43,38 & &= 106,5 \end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga  $M_n = M_p$ .

- Tekuk Lateral

$$L_b = 138\text{ cm (shear connector praktis)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 163,78 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Elemen untuk Lentur

$$M_U \leq \phi_b \cdot M_n$$

$$6394,38 \text{ kg.m} \leq 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x$$

$$6394,38 \text{ kg.m} \leq 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 522,1 \text{ cm}^3$$

$$6394,38 \text{ kg.m} < 11746,72 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol Elemen untuk Geser

$$\frac{h}{t_w} = 43,38$$

$$1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{F_y}} = 69,57$$

Karena  $h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$ , maka  $C_v = 1$ .

$$V_U \leq \phi_v \cdot V_n$$

$$10290,12 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$10290,12 \text{ kg} \leq 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 18,33 \text{ cm}^2 \cdot 1$$

$$10290,12 \text{ kg} < 24745,5 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

Karena kontrol desain penampang memenuhi, maka profil WF 300.150.6,5.9 dapat digunakan.

## 4.8 Perhitungan Struktur Primer

### 4.4.7 Perhitungan Balok Induk

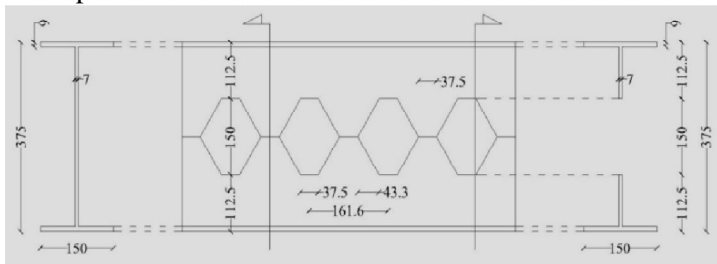
- a. Balok induk melintang lantai atap

Balok induk melintang lantai atap didesain menggunakan profil *Honeycomb*. Untuk dimensi dari balok induk melintang lantai atap dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini :

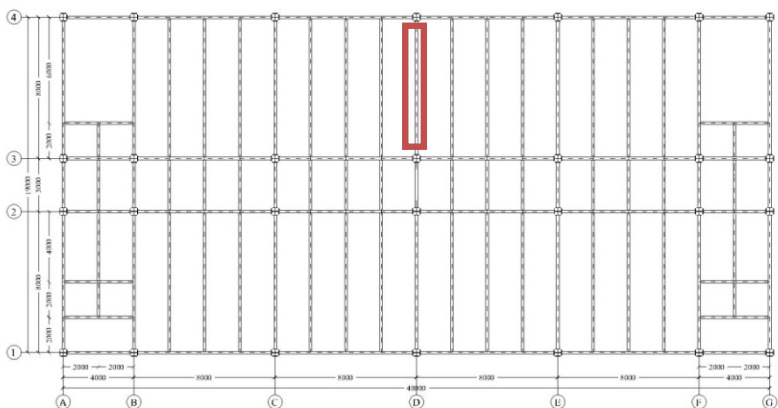
**Tabel 4.20.** Dimensi Balok Induk Melintang Lantai Atap

| Profil Awal                 |   |           | WF 300.150.6,5.9 |   |                         |
|-----------------------------|---|-----------|------------------|---|-------------------------|
| Faktor Peninggian, $\alpha$ |   |           | 25%              |   |                         |
| Sudut Pemotongan, $\phi$    |   |           | $60^\circ$       |   |                         |
| Profil Modifikasi           |   |           | HC 375.150.6,5.9 |   |                         |
| $d_g$                       | = | 375 mm    | A                | = | 40,46 cm <sup>2</sup>   |
| $b_f$                       | = | 150 mm    | W                | = | 36,7 kg/m               |
| $t_w$                       | = | 6,5 mm    | $I_x$            | = | 11325,6 cm <sup>4</sup> |
| $t_f$                       | = | 9 mm      | $I_y$            | = | 1755,4 cm <sup>4</sup>  |
| $r$                         | = | 13 mm     | $r_x$            | = | 16,7 cm                 |
| $h_o$                       | = | 150 mm    | $r_y$            | = | 6,6 cm                  |
| $d_t$                       | = | 112,5 mm  | $S_x$            | = | 443,1 cm <sup>3</sup>   |
| $b$                         | = | 43,30 mm  | $S_y$            | = | 180,0 cm <sup>3</sup>   |
| $e$                         | = | 37,5 mm   | $Z_x$            | = | 664,6 cm <sup>3</sup>   |
| $a_o$                       | = | 124,10 mm | $Z_y$            | = | 269,9 cm <sup>3</sup>   |
| $s$                         | = | 161,60 mm | J                | = | 9,18 cm <sup>4</sup>    |

Gambar potongan penampang dan letak dari balok induk melintang lantai atap yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21.



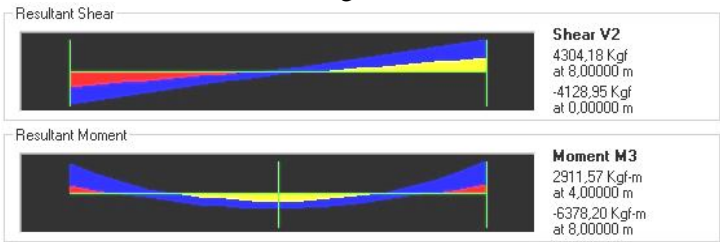
**Gambar 4.20.** Potongan penampang balok induk melintang lantai atap



**Gambar 4.21.** Balok induk melintang lantai atap yang ditinjau

Dari output program bantu SAP 2000, gaya dalam yang dihasilkan dari kombinasi *ENVELOPE* pada balok induk melintang lantai atap dapat dilihat dibawah ini:

$$\begin{aligned} M_U &= 6378,20 \text{ kg.m} \\ V_U &= 4304,18 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.22.** Gaya dalam balok induk menlintang lantai atap

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{150}{2.9} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{375-2.9}{6,5} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 54,92 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga persyaratan tekuk pada profil *honeycomb* memenuhi.

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 . r_y . \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 327,92 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Kapasitas Momen Nominal

$$\begin{aligned}M_p &= F_y . Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 . 664,6 \text{ cm}^3 \\ &= 1661500 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= h_o . t_w \\ &= 150 \text{ mm} . 6,5 \text{ mm} \\ &= 975 \text{ mm}^2 = 9,75 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p - \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \\
 &= 1661500 - \left[ 2500 \cdot 9,75 \cdot \left( \frac{15}{4} + 3,75 \right) \right] \\
 &= 1478792,81 \text{ kg.cm} \\
 &= 14787,93 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 6378,20 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 14787,93 \text{ kg.m} \\
 6378,20 \text{ kg.m} &\leq 13309,14 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tekuk Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{375-2 \cdot 9}{6,5} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\
 54,92 &< 86,33 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{375-2 \cdot 9}{6,5} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 54,92 &< 69,57 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Karena memenuhi maka pelat badan termasuk plastis.

- Kontrol Kapasitas Geser Nominal

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500 \cdot 0,65 \cdot 37,5}{\sqrt{3}} \\
 &= 35182,28 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 V_{pt} &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500.0,65.11,25}{\sqrt{3}} \\
 &= 10554,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= a_o/d_t \\
 &= 124,1/112,5 \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{nt} &= \frac{(\sqrt{6}+\mu)}{(v+\sqrt{3})} V_{pt} \\
 &= \frac{(\sqrt{6}+0)}{(1,1+\sqrt{3})} 10554,68 \\
 &= 9118,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena  $d_t = d_b$  maka :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 2 \cdot V_{nt} \\
 &= 2.9118,84 \text{ kg} \\
 &= 18237,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } V_u &\leq \phi V_n \\
 4304,18 \text{ kg} &\leq 0.9.18237,68 \text{ kg} \\
 4304,18 \text{ kg} &< 16413,91 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_{nt} &\leq V_{pt} \\
 9118,84 \text{ kg} &< 10554,68 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_n &\leq \frac{2}{3} \cdot V_p \\
 18237,68 \text{ kg} &\leq \frac{2}{3} \cdot 35182,28 \text{ kg} \\
 18237,68 \text{ kg} &\leq 23454,85 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Parameter Lubang

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{124,1}{150}\right) + \left(\frac{6 \cdot 150}{375}\right) \leq 5,6$$

$$3,23 < 5,6 \quad \text{(memenuhi)}$$

- Kontrol Persamaan Interaksi Geser-Lentur

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n}\right)^3 \leq 1$$

$$\left(\frac{6378,2}{13309,14}\right)^3 + \left(\frac{4304,18}{16413,91}\right)^3 \leq 1$$

$$0,13 < 1 \quad \text{(memenuhi)}$$

- Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o$$

$$161,60 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

$$s \geq \frac{a_o V_u / \phi V_p}{1 - V_u / \phi V_p}$$

$$161,60 \text{ mm} > 19,52 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

Sehingga profil HC 375.150.6,5.9 dapat digunakan untuk balok induk melintang lantai atap.

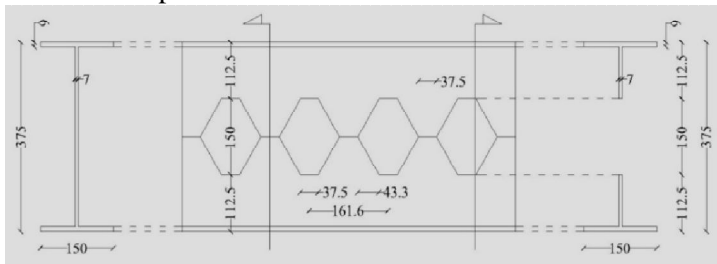
b. Balok induk memanjang lantai atap

Balok induk memanjang lantai atap didesain menggunakan profil *Honeycomb*. Untuk dimensi dari balok induk memanjang lantai atap dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut ini :

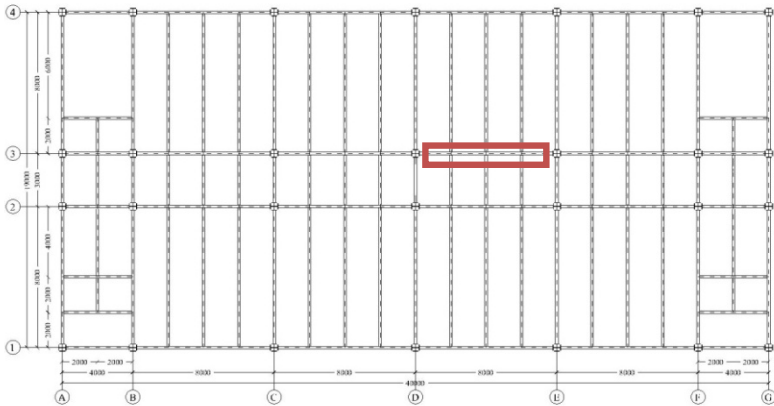
**Tabel 4.21.** Dimensi Balok Induk Memanjang  
Lantai Atap

| Profil Awal                 |   |           | WF 300.150.6,5.9 |   |                         |
|-----------------------------|---|-----------|------------------|---|-------------------------|
| Faktor Peninggian, $\alpha$ |   |           | 25%              |   |                         |
| Sudut Pemotongan, $\phi$    |   |           | $60^\circ$       |   |                         |
| Profil Modifikasi           |   |           | HC 375.150.6,5.9 |   |                         |
| $d_g$                       | = | 375 mm    | A                | = | 40,46 cm <sup>2</sup>   |
| $b_f$                       | = | 150 mm    | W                | = | 36,7 kg/m               |
| $t_w$                       | = | 6,5 mm    | $I_x$            | = | 11325,6 cm <sup>4</sup> |
| $t_f$                       | = | 9 mm      | $I_y$            | = | 1755,4 cm <sup>4</sup>  |
| $r$                         | = | 13 mm     | $r_x$            | = | 16,7 cm                 |
| $h_o$                       | = | 150 mm    | $r_y$            | = | 6,6 cm                  |
| $d_t$                       | = | 112,5 mm  | $S_x$            | = | 443,1 cm <sup>3</sup>   |
| $b$                         | = | 43,30 mm  | $S_y$            | = | 180,0 cm <sup>3</sup>   |
| $e$                         | = | 37,5 mm   | $Z_x$            | = | 664,6 cm <sup>3</sup>   |
| $a_o$                       | = | 124,10 mm | $Z_y$            | = | 269,9 cm <sup>3</sup>   |
| $s$                         | = | 161,60 mm | J                | = | 9,18 cm <sup>4</sup>    |

Gambar potongan penampang dan letak dari balok induk memanjang lantai atap yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24.



**Gambar 4.23.** Potongan penampang balok induk memanjang  
lantai atap



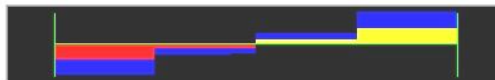
**Gambar 4.24.** Balok induk memanjang lantai atap yang ditinjau

Dari output program bantu SAP 2000, gaya dalam yang dihasilkan dari kombinasi *ENVELOPE* pada balok induk memanjang lantai atap dapat dilihat dibawah ini:

$$M_U = 8894,97 \text{ kg.m}$$

$$V_U = 5173,85 \text{ kg}$$

Resultant Shear



**Shear V2**

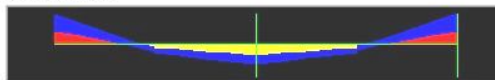
5173.85 Kgf

at 8.00000 m

-5070.13 Kgf

at 0.00000 m

Resultant Moment



**Moment M3**

5533.79 Kgf-m

at 4.00000 m

-8894.97 Kgf-m

at 8.00000 m

**Gambar 4.25.** Gaya dalam balok induk memanjang lantai atap

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{150}{2.9} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{375-2.9}{6,5} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 54,92 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga persyaratan tekuk pada profil *honeycomb* memenuhi.

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 . r_y . \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 327,92 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Kapasitas Momen Nominal

$$\begin{aligned}M_p &= F_y . Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 . 664,6 \text{ cm}^3 \\ &= 1661500 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= h_o . t_w \\ &= 150 \text{ mm} . 6,5 \text{ mm} \\ &= 975 \text{ mm}^2 = 9,75 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p \cdot \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \\
 &= 1661500 \cdot \left[ 2500 \cdot 9,75 \cdot \left( \frac{15}{4} + 3,75 \right) \right] \\
 &= 1478792,81 \text{ kg.cm} \\
 &= 14787,93 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 8894,97 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 14787,93 \text{ kg.m} \\
 8894,97 \text{ kg.m} &\leq 13309,14 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tekuk Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{375-2 \cdot 9}{6,5} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\
 54,92 &< 86,33 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{375-2 \cdot 9}{6,5} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 54,92 &< 69,57 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Karena memenuhi maka pelat badan termasuk plastis.

- Kontrol Kapasitas Geser Nominal

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500 \cdot 0,65 \cdot 37,5}{\sqrt{3}} \\
 &= 35182,28 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{pt} &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500.0,65.11,25}{\sqrt{3}} \\
 &= 10554,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= a_o/d_t \\
 &= 124,1/112,5 \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{nt} &= \frac{(\sqrt{6}+\mu)}{(v+\sqrt{3})} V_{pt} \\
 &= \frac{(\sqrt{6}+0)}{(1,1+\sqrt{3})} 10554,68 \\
 &= 9118,84 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena  $d_t = d_b$  maka :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 2 \cdot V_{nt} \\
 &= 2.9118,84 \text{ kg} \\
 &= 18237,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } V_u &\leq \phi V_n \\
 5173,85 \text{ kg} &\leq 0.9.18237,68 \text{ kg} \\
 5173,85 \text{ kg} &< 16413,91 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_{nt} &\leq V_{pt} \\
 9118,84 \text{ kg} &< 10554,68 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_n &\leq \frac{2}{3} \cdot V_p \\
 18237,68 \text{ kg} &\leq \frac{2}{3} \cdot 35182,28 \text{ kg} \\
 18237,68 \text{ kg} &\leq 23454,85 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Parameter Lubang

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{124,1}{150}\right) + \left(\frac{6 \cdot 150}{375}\right) \leq 5,6$$

$$3,23 < 5,6 \quad \text{(memenuhi)}$$

- Kontrol Persamaan Interaksi Geser-Lentur

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n}\right)^3 \leq 1$$

$$\left(\frac{8894,97}{13309,14}\right)^3 + \left(\frac{5173,85}{16413,91}\right)^3 \leq 1$$

$$0,33 < 1 \quad \text{(memenuhi)}$$

- Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o$$

$$161,60 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

$$s \geq \frac{a_o V_u / \phi V_p}{1 - V_u / \phi V_p}$$

$$161,60 \text{ mm} > 24,24 \text{ mm} \quad \text{(memenuhi)}$$

Sehingga profil HC 375.150.6,5.9 dapat digunakan untuk balok induk memanjang lantai atap.

c. Balok induk melintang lantai 2-10

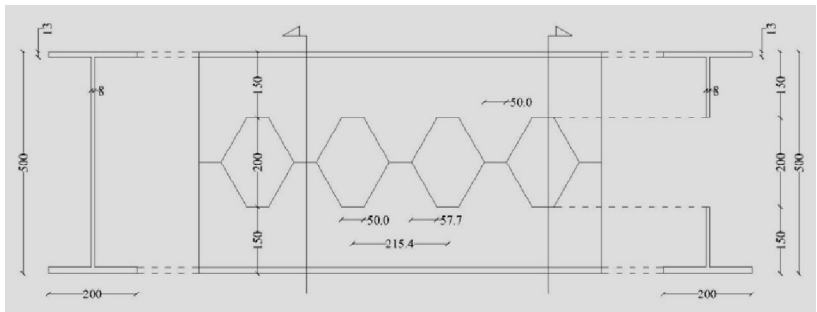
Balok induk melintang lantai 2-10 didesain menggunakan profil *Honeycomb*. Untuk dimensi dari balok induk melintang lantai 2-10 dapat dilihat pada Tabel 4.22 berikut ini :



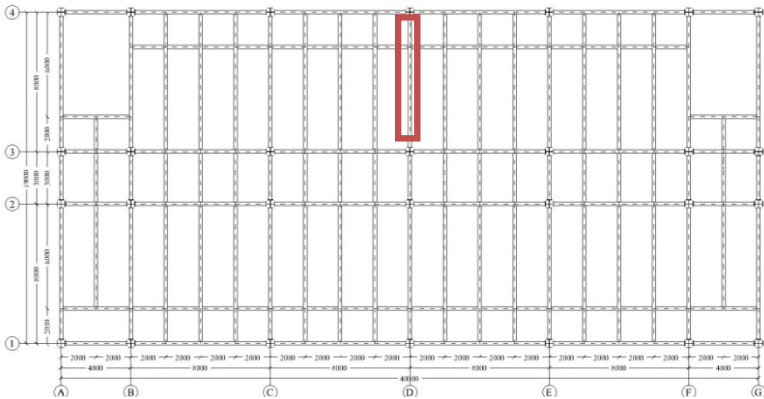
**Tabel 4.22.** Dimensi Balok Induk Melintang Lantai 2-10

| Profil Awal                 |   |          | WF 400.200.8.13 |   |                         |
|-----------------------------|---|----------|-----------------|---|-------------------------|
| Faktor Peninggian, $\alpha$ |   |          | 25%             |   |                         |
| Sudut Pemotongan, $\phi$    |   |          | $60^0$          |   |                         |
| Profil Modifikasi           |   |          | HC 500.200.8.13 |   |                         |
| $d_g$                       | = | 500 mm   | A               | = | 73,92 cm <sup>2</sup>   |
| $b_f$                       | = | 200 mm   | W               | = | 66 kg/m                 |
| $t_w$                       | = | 8 mm     | $I_x$           | = | 37405,7 cm <sup>4</sup> |
| $t_f$                       | = | 13 mm    | $I_y$           | = | 5374,8 cm <sup>4</sup>  |
| r                           | = | 16 mm    | $r_x$           | = | 22,5 cm                 |
| $h_o$                       | = | 200 mm   | $r_y$           | = | 8,5 cm                  |
| $d_t$                       | = | 150 mm   | $S_x$           | = | 1090,4 cm <sup>3</sup>  |
| b                           | = | 57,7 mm  | $S_y$           | = | 418,9 cm <sup>3</sup>   |
| e                           | = | 50 mm    | $Z_x$           | = | 1635,6 cm <sup>3</sup>  |
| $a_o$                       | = | 165,5 mm | $Z_y$           | = | 628,4 cm <sup>3</sup>   |
| s                           | = | 215,5 mm | J               | = | 34,0 cm <sup>4</sup>    |

Gambar potongan penampang dan letak dari balok induk melintang lantai 2-10 yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan Gambar 4.27.



**Gambar 4.26.** Potongan penampang balok induk melintang lantai 2-10

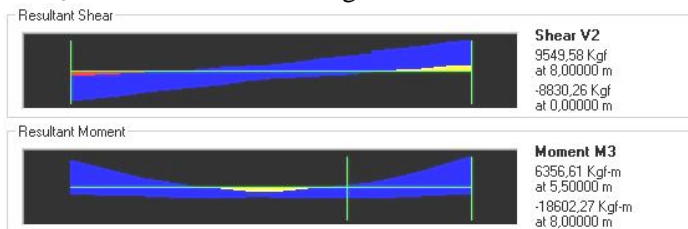


**Gambar 4.27.** Balok induk melintang lantai 2-10 yang ditinjau

Dari output program bantu SAP 2000, gaya dalam yang dihasilkan dari kombinasi *ENVELOPE* pada balok induk melintang lantai 2-10 dapat dilihat dibawah ini:

$$M_U = 18602,27 \text{ kg.m}$$

$$V_U = 9549,58 \text{ kg}$$



**Gambar 4.28.** Gaya dalam balok induk melintang lantai 2-10

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{200}{2.13} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 7,69 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{500-2.13}{8} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 59,25 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga persyaratan tekuk pada profil *honeycomb* memenuhi.

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 . r_y . \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 424,48 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Kapasitas Momen Nominal

$$\begin{aligned}M_p &= F_y . Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 . 1635,6 \text{ cm}^3 \\ &= 4088880 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= h_o . t_w \\ &= 200 \text{ mm} . 8 \text{ mm} \\ &= 1600 \text{ mm}^2 = 16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p - \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \\
 &= 4088880 - \left[ 2500 \cdot 16 \cdot \left( \frac{15}{4} + 3,75 \right) \right] \\
 &= 3688880 \text{ kg.cm} \\
 &= 36888,80 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 18602,27 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 36888,8 \text{ kg.m} \\
 18602,27 \text{ kg.m} &\leq 33199,92 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tekuk Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{500-2 \cdot 13}{8} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\
 59,25 &< 86,33 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{500-2 \cdot 13}{8} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 59,25 &< 69,57 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Karena memenuhi maka pelat badan termasuk plastis.

- Kontrol Kapasitas Geser Nominal

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500 \cdot 0,8 \cdot 50}{\sqrt{3}} \\
 &= 57735,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{pt} &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500 \cdot 0,8 \cdot 15}{\sqrt{3}} \\
 &= 17320,51 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= a_o/d_t \\
 &= 165,5/150 \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{nt} &= \frac{(\sqrt{6}+\mu)}{(v+\sqrt{3})} V_{pt} \\
 &= \frac{(\sqrt{6}+0)}{(1,1+\sqrt{3})} 17320,51 \\
 &= 14964,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena  $d_t = d_b$  maka :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 2 \cdot V_{nt} \\
 &= 2 \cdot 14964,25 \text{ kg} \\
 &= 29928,50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } V_u &\leq \phi V_n \\
 9549,58 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 29928,5 \text{ kg} \\
 9549,58 \text{ kg} &< 26935,65 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_{nt} &\leq V_{pt} \\
 14964,25 \text{ kg} &< 17320,51 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_n &\leq \frac{2}{3} \cdot V_p \\
 29928,50 \text{ kg} &\leq \frac{2}{3} \cdot 57735,03 \text{ kg} \\
 18237,68 \text{ kg} &\leq 38490,02 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Parameter Lubang

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{165,5}{200}\right) + \left(\frac{6 \cdot 200}{500}\right) \leq 5,6$$

$$3,23 < 5,6 \quad \textbf{(memenuhi)}$$

- Kontrol Persamaan Interaksi Geser-Lentur

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n}\right)^3 \leq 1$$

$$\left(\frac{18602,27}{33199,92}\right)^3 + \left(\frac{9549,58}{26935,65}\right)^3 \leq 1$$

$$0,22 < 1 \quad \textbf{(memenuhi)}$$

- Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o$$

$$215,50 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

$$s \geq \frac{a_o V_u / \phi V_p}{1 - V_u / \phi V_p}$$

$$215,50 \text{ mm} > 37,26 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Sehingga profil HC 500.200.8.13 dapat digunakan untuk balok induk melintang lantai 2-10.

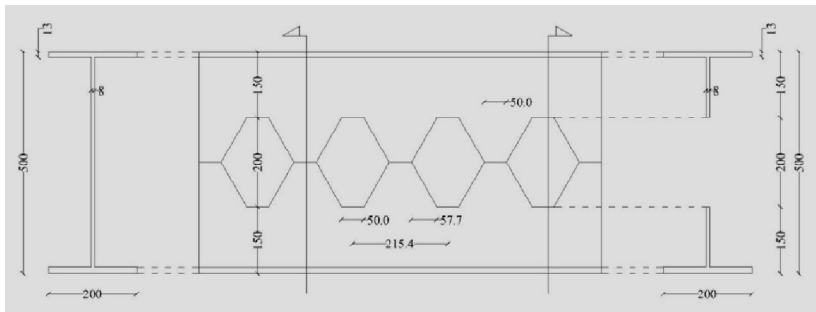
d. Balok induk memanjang lantai 2-10

Balok induk memanjang lantai 2-10 didesain menggunakan profil *Honeycomb*. Untuk dimensi dari balok induk memanjang lantai 2-10 dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut ini :

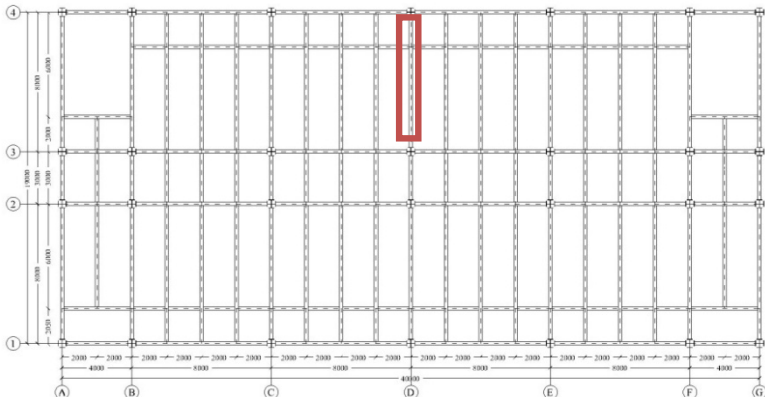
**Tabel 4.23.** Dimensi Balok Induk Memanjang Lantai 2-10

| Profil Awal                 | WF 400.200.8.13                          |
|-----------------------------|------------------------------------------|
| Faktor Peninggian, $\alpha$ | 25%                                      |
| Sudut Pemotongan, $\phi$    | 60°                                      |
| Profil Modifikasi           | HC 500.200.8.13                          |
| d <sub>g</sub> = 500 mm     | A = 73,92 cm <sup>2</sup>                |
| b <sub>f</sub> = 200 mm     | W = 66 kg/m                              |
| t <sub>w</sub> = 8 mm       | I <sub>x</sub> = 37405,7 cm <sup>4</sup> |
| t <sub>f</sub> = 13 mm      | I <sub>y</sub> = 5374,8 cm <sup>4</sup>  |
| r = 16 mm                   | r <sub>x</sub> = 22,5 cm                 |
| h <sub>o</sub> = 200 mm     | r <sub>y</sub> = 8,5 cm                  |
| d <sub>t</sub> = 150 mm     | S <sub>x</sub> = 1090,4 cm <sup>3</sup>  |
| b = 57,7 mm                 | S <sub>y</sub> = 418,9 cm <sup>3</sup>   |
| e = 50 mm                   | Z <sub>x</sub> = 1635,6 cm <sup>3</sup>  |
| a <sub>o</sub> = 165,5 mm   | Z <sub>y</sub> = 628,4 cm <sup>3</sup>   |
| s = 215,5 mm                | J = 34,0 cm <sup>4</sup>                 |

Gambar potongan penampang dan letak dari balok induk memanjang lantai 2-10 yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30.



**Gambar 4.29.** Potongan penampang balok induk memanjang lantai 2-10

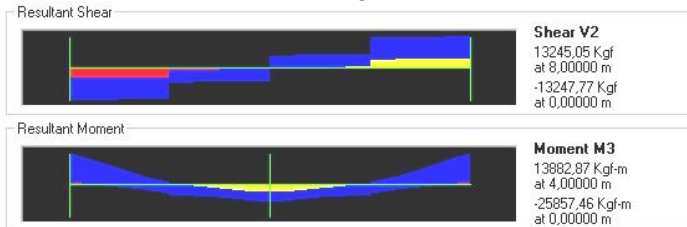


**Gambar 4.30.** Balok induk memanjang lantai 2-10 yang ditinjau

Dari output program bantu SAP 2000, gaya dalam yang dihasilkan dari kombinasi *ENVELOPE* pada balok induk memanjang lantai 2-10 dapat dilihat dibawah ini:

$$M_U = 25857,46 \text{ kg.m}$$

$$V_U = 13247,77 \text{ kg}$$



**Gambar 4.31.** Gaya dalam balok induk memanjang lantai 2-10

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:



- Tekuk Lokal  
Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{200}{2.13} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 7,69 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{500-2.13}{8} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 59,25 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak, sehingga persyaratan tekuk pada profil *honeycomb* memenuhi.

- Tekuk Lateral

$$L_b = 0 \text{ cm (terdapat shear connector)}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 . r_y . \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 424,48 \text{ cm}\end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kontrol Kapasitas Momen Nominal

$$\begin{aligned}M_p &= F_y . Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 . 1635,6 \text{ cm}^3 \\ &= 4088880 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= h_o . t_w \\ &= 200 \text{ mm} . 8 \text{ mm} \\ &= 1600 \text{ mm}^2 = 16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p - \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \\
 &= 4088880 - \left[ 2500 \cdot 16 \cdot \left( \frac{15}{4} + 3,75 \right) \right] \\
 &= 3688880 \text{ kg.cm} \\
 &= 36888,80 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 M_U &\leq \phi_b \cdot M_n \\
 25857,46 \text{ kg.m} &\leq 0,9 \cdot 36888,8 \text{ kg.m} \\
 25857,46 \text{ kg.m} &\leq 33199,92 \text{ kg.m} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tekuk Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{500-2 \cdot 13}{8} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\
 59,25 &< 86,33 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d-2t_f}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{500-2 \cdot 13}{8} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 59,25 &< 69,57 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Karena memenuhi maka pelat badan termasuk plastis.

- Kontrol Kapasitas Geser Nominal

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_g}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500 \cdot 0,8 \cdot 50}{\sqrt{3}} \\
 &= 57735,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{pt} &= \frac{F_y \cdot t_w \cdot d_t}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{2500 \cdot 0,8 \cdot 15}{\sqrt{3}} \\
 &= 17320,51 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= a_o/d_t \\
 &= 165,5/150 \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{nt} &= \frac{(\sqrt{6}+\mu)}{(v+\sqrt{3})} V_{pt} \\
 &= \frac{(\sqrt{6}+0)}{(1,1+\sqrt{3})} 17320,51 \\
 &= 14964,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena  $d_t = d_b$  maka :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 2 \cdot V_{nt} \\
 &= 2 \cdot 14964,25 \text{ kg} \\
 &= 29928,50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } V_u &\leq \phi V_n \\
 13247,77 \text{ kg} &\leq 0,9 \cdot 29928,5 \text{ kg} \\
 13247,77 \text{ kg} &< 26935,65 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_{nt} &\leq V_{pt} \\
 14964,25 \text{ kg} &< 17320,51 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 \text{➤ } V_n &\leq \frac{2}{3} \cdot V_p \\
 29928,50 \text{ kg} &\leq \frac{2}{3} \cdot 57735,03 \text{ kg} \\
 18237,68 \text{ kg} &\leq 38490,02 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Parameter Lubang

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{165,5}{200}\right) + \left(\frac{6 \cdot 200}{500}\right) \leq 5,6$$

$$3,23 < 5,6 \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol Persamaan Interaksi Geser-Lentur

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n}\right)^3 \leq 1$$

$$\left(\frac{25857,46}{33199,92}\right)^3 + \left(\frac{13247,77}{26935,65}\right)^3 \leq 1$$

$$0,59 < 1 \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o$$

$$215,50 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$s \geq \frac{a_o V_u / \phi V_p}{1 - V_u / \phi V_p}$$

$$215,50 \text{ mm} > 56,62 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga profil HC 500.200.8.13 dapat digunakan untuk balok induk memanjang lantai 2-10.

#### 4.4.8 Perhitungan Kolom

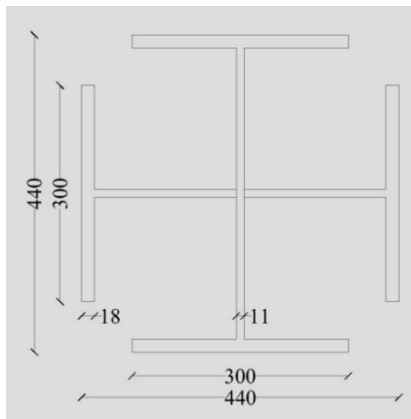
- Kolom lantai 6-10

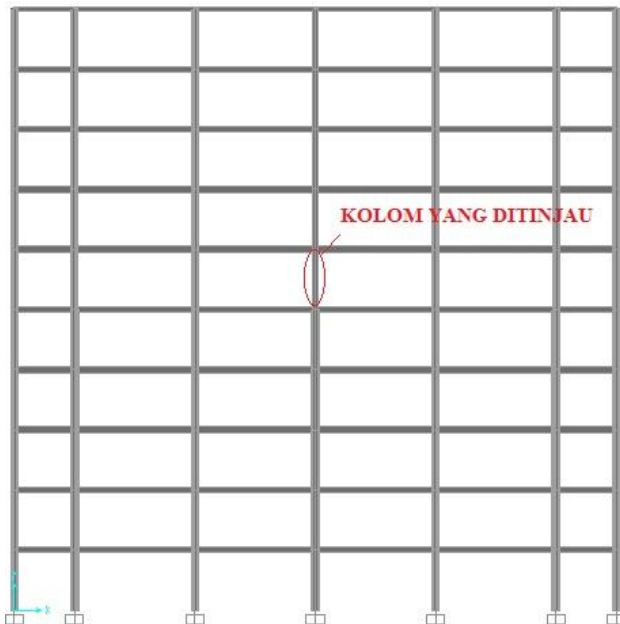
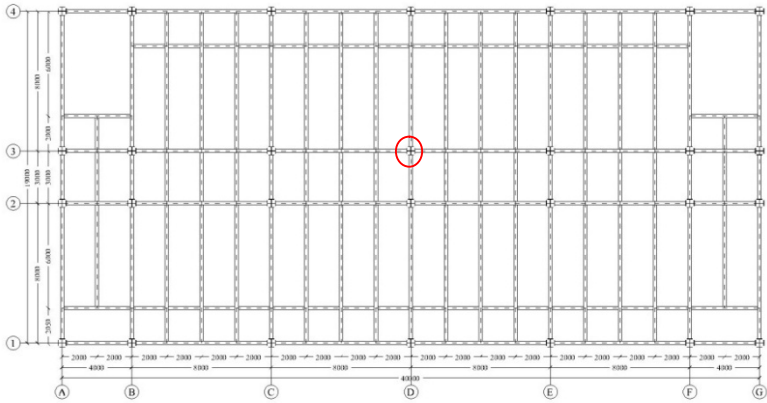
Kolom lantai 6-10 didesain menggunakan profil *Kingcross*. Untuk dimensi dari kolom lantai 6-10 dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut ini :

**Tabel 4.24.** Dimensi Kolom Lantai 6-10

| Profil Awal       |   |                       | WF 450.300.11.18 |   |                       |
|-------------------|---|-----------------------|------------------|---|-----------------------|
| Profil Modifikasi |   |                       | KC 450.300.11.18 |   |                       |
| W                 | = | 248 mm                | $r_x$            | = | 14,28 cm              |
| d                 | = | 440 mm                | $r_y$            | = | 14,28 cm              |
| b                 | = | 300 mm                | $S_x$            | = | 3091 cm <sup>3</sup>  |
| $t_w$             | = | 11 mm                 | $S_y$            | = | 3091 cm <sup>3</sup>  |
| $t_f$             | = | 18 mm                 | $Z_x$            | = | 4192 cm <sup>3</sup>  |
| r                 | = | 24 mm                 | $Z_y$            | = | 4192 cm <sup>3</sup>  |
| A                 | = | 314,8 cm <sup>2</sup> | J                | = | 56712 cm <sup>4</sup> |
| $I_x$             | = | 64210 cm <sup>4</sup> | $F_y$            | = | 250 Mpa               |
| $I_y$             | = | 64210 cm <sup>4</sup> | E                | = | 200000 Mpa            |

Gambar potongan penampang dari kolom lantai 6-10 dan letak kolom yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33.

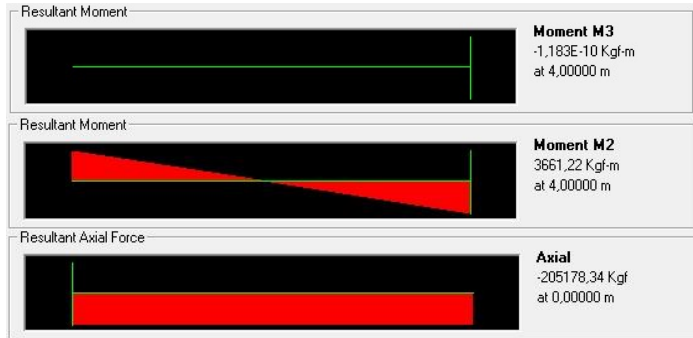
**Gambar 4.32.** Potongan penampang kolom lantai 6-10



**Gambar 4.33.** Kolom lantai6-10 yang ditinjau

Kolom yang ditinjau sebagai perhitungan terletak di lantai 6 AS D-3. Untuk nilai gaya dalam adalah sebagai berikut :

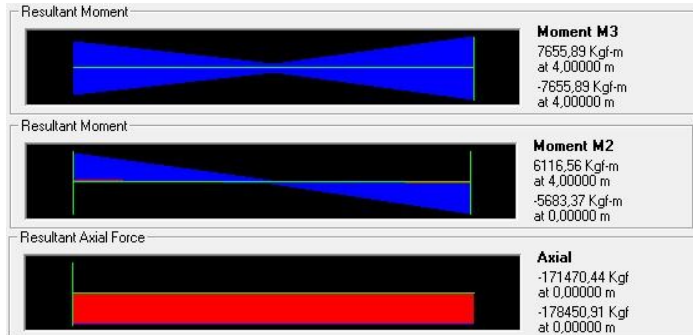
Kombinasi beban non lateral (1,2D+1,6L)



**Gambar 4.34.** Gaya dalam kolom Lt.6-10 kombinasi non lateral

$$\begin{aligned}
 M_{ntx} &= 0 \text{ kg.m} \\
 M_{nty} &= 3661,22 \text{ kg.m} \\
 P_{nt} &= 205178,34 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kombinasi beban lateral (1,2D+Ex+L)



**Gambar 4.35.** Gaya dalam kolom Lt.6-10 kombinasi lateral

$$\begin{aligned}
 M_{ltx} &= 7655,89 \text{ kg.m} \\
 M_{lty} &= 6116,56 \text{ kg.m} \\
 P_{nt} &= 171470,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal Elemen Tekan

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300}{2.18} & &= 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 15,84\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{450-2.18}{11} & &= 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 36,73 & &= 42,14\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang tak langsing.

- Tekuk Lokal Elemen Lentur

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300}{2.18} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{450-2.18}{11} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 36,73 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak.



- Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 710,95 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kapasitas Momen Nominal

$$M_{cx} = \phi_b \cdot M_{nx}$$

$$= \phi_b \cdot F_y \cdot Z_x$$

$$= 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 4192 \text{ cm}^3$$

$$= 9432052 \text{ kg.cm}$$

$$= 94320,52 \text{ kg.m}$$

$$M_{cy} = \phi_b \cdot M_{ny}$$

$$= \phi_b \cdot F_y \cdot Z_y$$

$$= 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 4192 \text{ cm}^3$$

$$= 9432052 \text{ kg.cm}$$

$$= 94320,52 \text{ kg.m}$$

- Kuat Tekan Nominal

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 200000 \text{ Mpa}}{\left(\frac{1.4000}{14,28}\right)^2}$$

$$= 2516,39 \text{ Mpa}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 250 \text{ Mpa} / 2516,39 \text{ Mpa}$$

$$= 0,099$$

Karena  $F_y/F_e < 2,25$  maka :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \\ &= [0,658^{0,099}] \cdot 250 \text{ Mpa} \\ &= 239,82 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \phi_c \cdot P_n \\ &= \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 239,82 \text{ kg/cm}^2 \cdot 314,8 \text{ cm}^2 \\ &= 679451,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Amplifikasi Momen

Dari output sap 2000 didapatkan nilai sebagai berikut:

$$H = 3485,11 \text{ kg}$$

$$\delta_h = 10,05 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan amplifikasi momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta_H &= \delta_h / L \\ &= 10,05 \text{ mm} / 4000 \text{ mm} \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{mf} &= P_{story} = P_{nt} \\ &= 205178,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{e \text{ story}} &= \left( 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story}) \right) \frac{H \cdot L}{\Delta_H} \\ &= 4,72E+10 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{1}{1 - \frac{\alpha \cdot P_{story}}{P_{e \text{ story}}}} \\ &= 1,000044 > 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_r &= B_2 \cdot P_{nt} \\ &= 1,000044 \cdot 205178,34 \text{ kg} \\ &= 205187,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K.L)^2}$$

$$= 7921591,2 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{Cm}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}}$$

$$= 1,03 > 1,00$$

$$M_{rx} = B_1.M_{ntx} + B_2.M_{ltx}$$

$$= 1,03.0 + 1,000034.7655,89$$

$$= 7656,22 \text{ kg.m}$$

$$M_{ry} = B_1.M_{nty} + B_2.M_{lty}$$

$$= 1,04.3661,22 + 1,000034.6116,56$$

$$= 9875,21 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Persamaan Interaksi Tekan – Lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{205187,3 \text{ kg}}{679451,1 \text{ kg}}$$

$$= 0,27$$

Karena  $\frac{P_r}{P_c} > 0,2$ , maka persamaan interaksi tekan – lentur yang digunakan sebagai berikut :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] \leq 1$$

$$\frac{205187}{679451} + \frac{8}{9} \left[ \frac{7656}{94321} + \frac{9875}{94321} \right] \leq 1$$

$$0,47 < 1 \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga profil KC 450.300.11.18 dapat digunakan untuk kolom lantai 6-10.

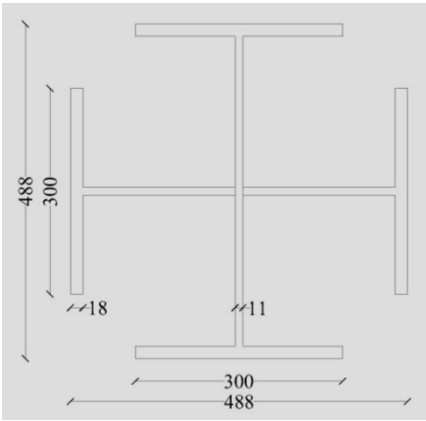
- b. Kolom lantai 1-5

Kolom lantai 1-5 didesain menggunakan profil *Kingcross*. Untuk dimensi dari kolom lantai 1-5 dapat dilihat pada Tabel 4.25 berikut ini :

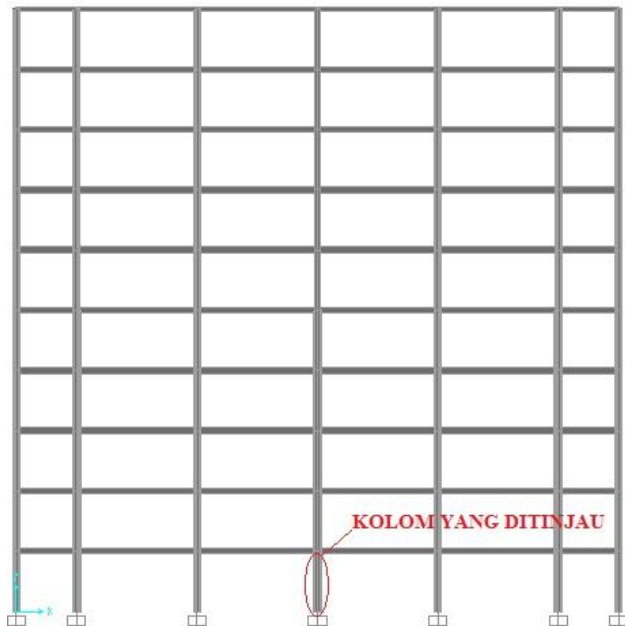
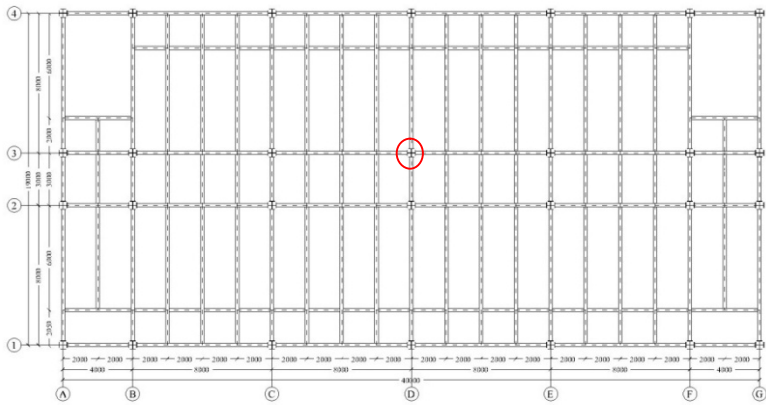
Tabel 4.25. Dimensi Kolom Lantai 1-5

| Profil Awal       |   |       |                 | WF 500.300.11.18 |   |        |                 |
|-------------------|---|-------|-----------------|------------------|---|--------|-----------------|
| Profil Modifikasi |   |       |                 | KC 500.300.11.18 |   |        |                 |
| W                 | = | 256   | mm              | $r_x$            | = | 15,55  | cm              |
| D                 | = | 488   | mm              | $r_y$            | = | 15,55  | cm              |
| B                 | = | 300   | mm              | $S_x$            | = | 3451   | cm <sup>3</sup> |
| $t_w$             | = | 11    | mm              | $S_y$            | = | 3451   | cm <sup>3</sup> |
| $t_f$             | = | 18    | mm              | $Z_x$            | = | 4642   | cm <sup>3</sup> |
| R                 | = | 26    | mm              | $Z_y$            | = | 4642   | cm <sup>3</sup> |
| A                 | = | 327   | cm <sup>2</sup> | J                | = | 66396  | cm <sup>4</sup> |
| $I_x$             | = | 79110 | cm <sup>4</sup> | $F_y$            | = | 250    | Mpa             |
| $I_y$             | = | 79110 | cm <sup>4</sup> | E                | = | 200000 | Mpa             |

Gambar potongan penampang dari kolom lantai 1-5 dan letak kolom yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.36 dan Gambar 4.37.



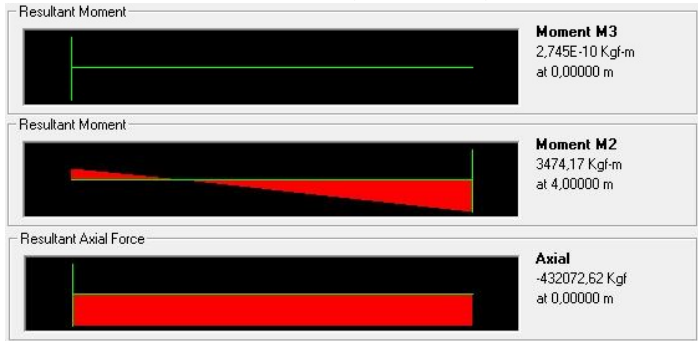
Gambar 4.36. Potongan penampang kolom lantai 1-5



**Gambar 4.37.** Kolom lantai 1-5 yang ditinjau

Kolom yang ditinjau sebagai perhitungan terletak di lantai 1 AS D-3. Untuk nilai gaya dalam adalah sebagai berikut :

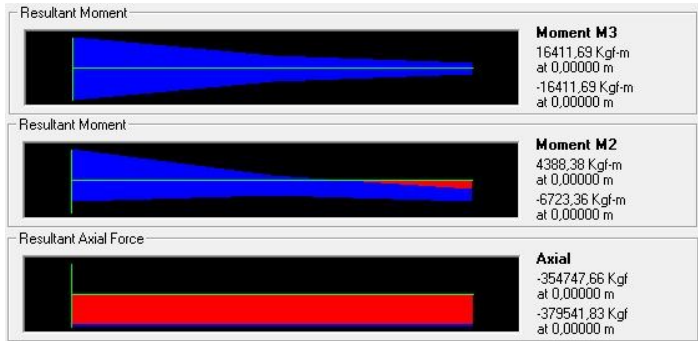
Kombinasi beban non lateral (1,2D+1,6L)



**Gambar 4.38.** Gaya dalam kolom Lt.1-5 kombinasi non lateral

$$\begin{aligned} M_{ntx} &= 0 \text{ kg.m} \\ M_{nty} &= 3474,17 \text{ kg.m} \\ P_{nt} &= 432072,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kombinasi beban lateral (1,2D+Ex+L)



**Gambar 4.39.** Gaya dalam kolom Lt.1-5 kombinasi lateral

$$\begin{aligned} M_{ltx} &= 16411,69 \text{ kg.m} \\ M_{lty} &= 6723,36 \text{ kg.m} \\ P_{nt} &= 379541,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan kontrol desain penampang dijelaskan sebagai berikut:

- Tekuk Lokal Elemen Tekan

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300}{2.18} & &= 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 15,84\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{500-2.18}{11} & &= 1,49 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 41,09 & &= 42,14\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang tak langsing.

- Tekuk Lokal Elemen Lentur

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2.t_f} & \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{300}{2.18} & &= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 8,33 & &= 10,75\end{aligned}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{d-2t_f}{t_w} & \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= \frac{500-2.18}{11} & &= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 41,09 & &= 106,5\end{aligned}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka tergolong penampang kompak.

- Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 774,28 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka tergolong bentang pendek, sehingga keadaan batas dari tekuk lateral tidak digunakan.

- Kapasitas Momen Nominal

$$M_{cx} = \phi_b \cdot M_{nx}$$

$$= \phi_b \cdot F_y \cdot Z_x$$

$$= 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 4642 \text{ cm}^3$$

$$= 10444417 \text{ kg.cm}$$

$$= 104444,17 \text{ kg.m}$$

$$M_{cy} = \phi_b \cdot M_{ny}$$

$$= \phi_b \cdot F_y \cdot Z_y$$

$$= 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 4642 \text{ cm}^3$$

$$= 10444417 \text{ kg.cm}$$

$$= 104444,17 \text{ kg.m}$$

- Kuat Tekan Nominal

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 200000 \text{ Mpa}}{\left(\frac{14000}{15,55}\right)^2}$$

$$= 2984,65 \text{ Mpa}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 250 \text{ Mpa} / 2984,65 \text{ Mpa}$$

$$= 0,084$$



Karena  $F_y/F_e < 2,25$  maka :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \\ &= [0,658^{0,084}] \cdot 250 \text{ Mpa} \\ &= 241,39 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \phi_c \cdot P_n \\ &= \phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 2413,9 \text{ kg/cm}^2 \cdot 327 \text{ cm}^2 \\ &= 710402,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Amplifikasi Momen

Dari output sap 2000 didapatkan nilai sebagai berikut:

$$H = 4780,61 \text{ kg}$$

$$\delta_h = 5,11 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan amplifikasi momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta_H &= \delta_h / L \\ &= 5,11 \text{ mm} / 4000 \text{ mm} \\ &= 0,0013 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{mf} &= P_{story} = P_{nt} \\ &= 432072,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{e \text{ story}} &= \left( 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story}) \right) \frac{H \cdot L}{\Delta_H} \\ &= 1,27\text{E}+10 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{1}{1 - \frac{\alpha \cdot P_{story}}{P_{e \text{ story}}}} \\ &= 1,000034 > 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= B_2 \cdot P_{nt} \\
 &= 1,000034 \cdot 432072,62 \text{ kg} \\
 &= 432087,29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{el} &= \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot L)^2} \\
 &= 9759805,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= \frac{Cm}{1 - \frac{\alpha \cdot P_r}{P_{el}}} \\
 &= 1,04 > 1,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= B_1 \cdot M_{ntx} + B_2 \cdot M_{ltx} \\
 &= 1,04 \cdot 0 + 1,000034 \cdot 16411,69 \\
 &= 16412,25 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ry} &= B_1 \cdot M_{nty} + B_2 \cdot M_{lty} \\
 &= 1,04 \cdot 3474,17 + 1,000034 \cdot 6723,36 \\
 &= 10358,69 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Persamaan Interaksi Tekan – Lentur

$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} &= \frac{432087,29 \text{ kg}}{710402,57 \text{ kg}} \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

Karena  $\frac{P_r}{P_c} > 0,2$ , maka persamaan interaksi tekan – lentur yang digunakan sebagai berikut :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] \leq 1$$

$$\frac{432087}{710403} + \frac{8}{9} \left[ \frac{16412}{104444} + \frac{103589}{104444} \right] \leq 1$$

$$0,84 < 1 \quad (\text{memenuhi})$$

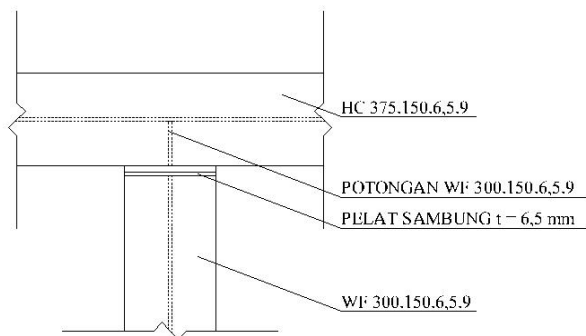
Sehingga profil KC 500.300.11.18 dapat digunakan untuk kolom lantai 1-5.

#### 4.4.9 Perhitungan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

##### a. Sambungan Balok Anak Atap–Balok Induk Atap

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las sudut untuk pengelasan pelat penyambung terhadap balok anak. Sambungan balok anak – balok induk yang ditinjau sesuai dengan perencanaan pada balok anak. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

|                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Profil balok anak                    | : WF 300.150.6,5.9        |
| Profil balok induk                   | : HC 375.150.6,5.9        |
| Tebal pelat sambung, t               | : 6,5 mm                  |
| Mutu baja                            | : BJ-41                   |
| $F_y$                                | : 250 Mpa                 |
| $F_u$                                | : 410 Mpa                 |
| Mutu logam las                       | : FE70xx                  |
| $F_{exx}$                            | : 4921 kg/cm <sup>2</sup> |
| Diameter baut, D                     | : 20 mm                   |
| Diameter lubang baut, D <sub>o</sub> | : 22 mm                   |
| Mutu baut                            | : A325                    |
| $F_{nt}$                             | : 620 Mpa                 |
| $F_{nv}$                             | : 372 Mpa                 |



**Gambar 4.40.** Sambungan balok anak atap - balok induk atap

Untuk gaya dalam sambungan balok anak atap – balok induk atap sebagai berikut :

$$V_U = 4221,92 \text{ kg}$$

Perhitungan perencanaan sambungan balok anak atap – balok induk atap adalah sebagai berikut:

- Sambungan las

Untuk sambungan las balok anak – pelat sambung

$$\begin{aligned}\text{Panjang efektif} &= 2.(H_{\text{balok anak}} - 2.t_f) + 2.(B_{\text{balok anak}} - t_w) \\ &= 2.(300 - 2.9) + 2.(150 - 6,5) \\ &= 851 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\ &= 5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Panjang efektif. throat efektif} \\ &= 851 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \\ &= 4255 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}R_u &\leq \phi.F_{\text{exx}} \cdot A_{we} \\ 4221,92 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4921 \text{ kg/cm}^2 \cdot 42,55 \text{ cm}^2 \\ 4221,92 \text{ kg} &< 94224,8 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}\end{aligned}$$

Untuk sambungan las potongan WF – balok induk

$$\begin{aligned}\text{Panjang efektif} &= 2.(H_{\text{b.induk}} - 2.t_f) + 2.(B_{\text{b.induk}} - t_w) \\ &= 2.(375 - 2.9) + 2.(150 - 6,5) \\ &= 1001 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\ &= 5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Panjang efektif. throat efektif} \\ &= 1001 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \\ &= 5005 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}R_u &\leq \phi.F_{\text{exx}} \cdot A_{we} \\ 4221,92 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4921 \text{ kg/cm}^2 \cdot 50,55 \text{ cm}^2 \\ 4221,92 \text{ kg} &< 111940,44 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}\end{aligned}$$

- Sambungan baut

Sambungan pada balok anak atap – balok induk atap direncanakan menggunakan 8 buah baut.



➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned} A_{gv} &= t \cdot H_{\text{balok anak}} \\ &= 6,5 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} \\ &= 1950 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_{gv} - (t \cdot D_o \cdot n/2) \\ &= 1950 \text{ mm}^2 - (6,5 \text{ mm} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 8/2) \\ &= 1378 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 1.0 \cdot 6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \\ &= 1.0 \cdot 6 \cdot 250 \text{ Mpa} \cdot 1950 \text{ mm}^2 \\ &= 292500 \text{ N} \\ &= 29250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

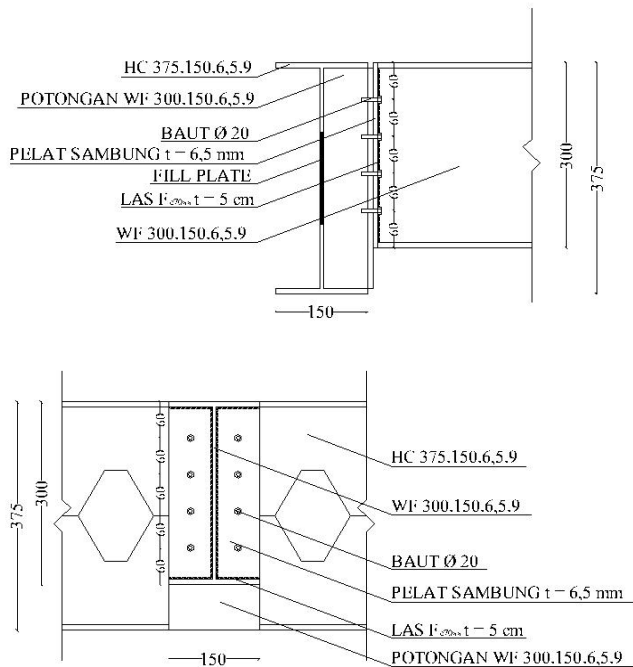
$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 1378 \text{ mm}^2 \\ &= 254241 \text{ N} \\ &= 25424,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 25424,1 \text{ kg}$ .

Kontroling :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi \cdot R_n \\ 4221,92 \text{ kg} &< 25424,1 \text{ kg} \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga sambungan balok anak atap – balok induk atap dapat digambarkan seperti dibawah ini :



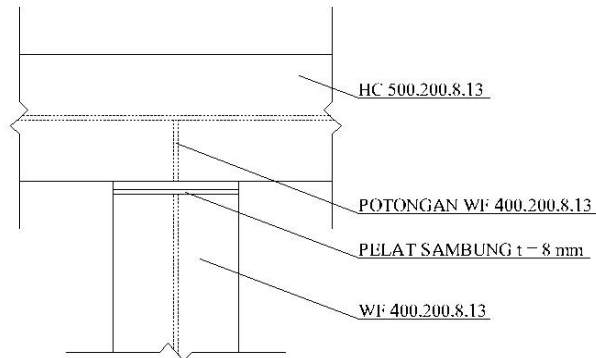
**Gambar 4.41.** Detail sambungan balok anak atap – balok induk atap

b. Sambungan Balok Anak Lt.2-10–Balok Induk Lt.2-10

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las sudut untuk pengelasan pelat penyambung terhadap balok anak. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Profil balok anak      | : WF 400.200.8.13         |
| Profil balok induk     | : HC 500.200.8.13         |
| Tebal pelat sambung, t | : 8 mm                    |
| Mutu baja              | : BJ-41                   |
| $F_y$                  | : 250 Mpa                 |
| $F_u$                  | : 410 Mpa                 |
| Mutu logam las         | : FE70xx                  |
| $F_{exx}$              | : 4921 kg/cm <sup>2</sup> |

Diameter baut, D : 20 mm  
 Diameter lubang baut, D<sub>o</sub> : 22 mm  
 Mutu baut : A325  
 $F_{nt}$  : 620 Mpa  
 $F_{nv}$  : 372 Mpa



**Gambar 4.42.** Sambungan balok anak lt.2-10 - balok induk lt.2-10

Untuk gaya dalam sambungan balok anak lt.2-10 – balok induk lt.2-10 sebagai berikut :

$$V_U = 8912,96 \text{ kg}$$

Perhitungan perencanaan sambungan balok anak lt.2-10 – balok induk lt.2-10 adalah sebagai berikut:

- Sambungan las

Untuk sambungan las balok anak – pelat sambung

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang efektif} &= 2.(H_{\text{balok anak}} - 2.t_f) + 2.(B_{\text{balok anak}} - t_w) \\
 &= 2.(400 - 2.13) + 2.(200 - 8) \\
 &= 1132 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\
 &= 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= \text{Panjang efektif} \cdot \text{throat efektif} \\
 &= 1132 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \\
 &= 5660 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot F_{\text{exx}} \cdot A_{\text{we}} \\
 8912,96 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 0,6.4921 \text{ kg/cm}^2 \cdot 56,6 \text{ cm}^2 \\
 8912,96 \text{ kg} &< 125338 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Untuk sambungan las potongan WF – balok induk

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang efektif} &= 2 \cdot (H_{\text{b.induk}} - 2 \cdot t_f) + 2 \cdot (B_{\text{b.induk}} - t_w) \\
 &= 2 \cdot (500 - 2 \cdot 13) + 2 \cdot (200 - 8) \\
 &= 1332 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\
 &= 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{we}} &= \text{Panjang efektif} \cdot \text{throat efektif} \\
 &= 1332 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \\
 &= 6660 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot F_{\text{exx}} \cdot A_{\text{we}} \\
 4221,92 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 0,6.4921 \text{ kg/cm}^2 \cdot 66,6 \text{ cm}^2 \\
 4221,92 \text{ kg} &< 147482,37 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Sambungan baut

Sambungan pada balok anak atap – balok induk atap direncanakan menggunakan 8 buah baut.

- Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut maksimum} &= 14 \cdot \text{tebal bagian tertipis} \\
 &= 14 \cdot 8 \text{ mm} \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut minimum} &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot D \\
 &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 20 \text{ mm} \\
 &= 53,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, S} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi maksimum} &= 12 \cdot \text{tebal yg disambung} \\
 &= 12 \cdot (8 \text{ mm} + 13 \text{ mm}) \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\
 &\quad \text{Tabel J3.4M}
 \end{aligned}$$

$$= 26 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi pakai, } t_p = 50 \text{ mm}$$

## ➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2 \text{ cm})^2) \\
 &= 11686,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\
 &= 1,2 \cdot (100-22) \cdot 8.410 \\
 &= 307008 \text{ N} \\
 &= 30700,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 11686,7 \text{ kg}$ .

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_{nv} \cdot n \\
 8912,96 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 11686,7 \text{ kg} \cdot 8 \\
 8912,96 \text{ kg} &< 70120,3 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

## ➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= t \cdot H_{\text{balok anak}} \\
 &= 8 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} \\
 &= 3200 \text{ mm}^2 \\
 A_{nv} &= A_{gv} - (t \cdot D_o \cdot n/2) \\
 &= 3200 \text{ mm}^2 - (8 \text{ mm} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 8/2) \\
 &= 2496 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 1,0 \cdot 6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \\
 &= 1,0 \cdot 6 \cdot 250 \text{ Mpa} \cdot 3200 \text{ mm}^2 \\
 &= 480000 \text{ N} \\
 &= 48000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 2496 \text{ mm}^2 \\
 &= 460512 \text{ N} \\
 &= 46051,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

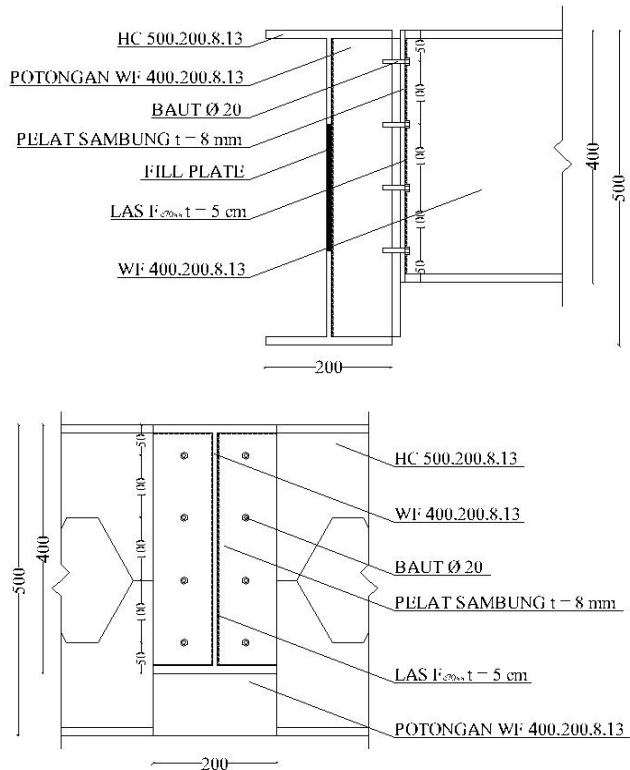
Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 46051,2$  kg.

Kontroling :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

$$4221,92 \text{ kg} < 46051,2 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga sambungan balok anak lt.2-10 – balok induk lt.2-10 dapat digambarkan seperti dibawah ini :



**Gambar 4.43.** Detail sambungan balok anak lt.2-10 – balok induk lt.2-10

#### 4.4.10 Perhitungan Sambungan Balok Induk – Kolom

##### a. Sambungan Balok Induk Atap Memanjang - Kolom

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las sudut untuk pengelasan pelat penyambung terhadap balok induk. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

Profil balok anak : HC 375.150.6,5.9

Profil balok induk : KC 440.300.11.18

Tebal pelat sambung,  $t$  : 6,5 mm

Tinggi pelat tambah,  $d_1$  : 150 mm

Lebar pelat tambah,  $b_1$  : 225 mm

Mutu baja : BJ-41

$F_y$  : 250 Mpa

$F_u$  : 410 Mpa

Mutu logam las : FE70xx

$F_{exx}$  : 4921 kg/cm<sup>2</sup>

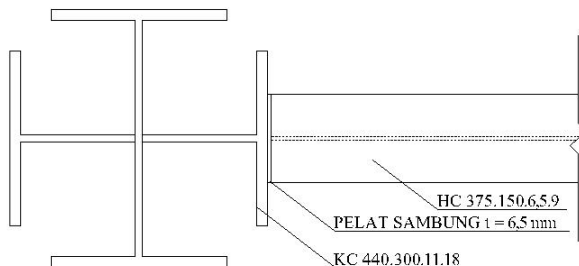
Diameter baut,  $D$  : 20 mm

Diameter lubang baut,  $D_o$  : 22 mm

Mutu baut : A325

$F_{nt}$  : 620 Mpa

$F_{nv}$  : 372 Mpa



**Gambar 4.44.** Sambungan balok induk atap memanjang – kolom

Untuk gaya dalam sambungan balok induk atap memanjang - kolom sebagai berikut :

$$V_U = 5173,85 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,1.1,3.F_y.Z_x \\
 &= 1,1.1,3.2500 \text{ kg/cm}^2.664,6\text{cm}^3 \\
 &= 237609,6 \text{ kg.cm} \\
 &= 23760,96 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan perencanaan sambungan balok induk atap memanjang - kolom adalah sebagai berikut:

- Sambungan las

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang efektif} &= 2(H_{\text{balok}} - 2t_f) + 4(B_{\text{balok}} - t_w) + 2(150 - t_f) \\
 &= 2(375 - 2.9) + 4(150 - 6,5) + 2(150 - 9) \\
 &= 1570 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\
 &= 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= \text{Panjang efektif} \cdot \text{throat efektif} \\
 &= 1570\text{mm} \cdot 5\text{mm} \\
 &= 7850 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot F_{\text{exx}} \cdot A_{we} \\
 5173,85 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 0,6.4921 \text{ kg/cm}^2 \cdot 78,5\text{cm}^2 \\
 5173,85 \text{ kg} &< 173834,33 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Sambungan baut

Sambungan pada balok induk atap memanjang - kolom direncanakan menggunakan 8 buah baut.

- Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut maksimum} &= 14 \cdot \text{tebal bagian tertipis} \\
 &= 14 \cdot 6,5 \text{ mm} \\
 &= 91 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut minimum} &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot D \\
 &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 20 \text{ mm} \\
 &= 53,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, S} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi maksimum} &= 12 \cdot \text{tebal yg disambung} \\
 &= 12 \cdot (6,5 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jarak tepi minimum = SNI 03-1729-2015  
Tabel J3.4M  
= 26 mm

Jarak tepi pakai,  $t_p$  = 75 mm

➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned} R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\ &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2 \text{ cm})^2) \\ &= 11686,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned} R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\ &= 1,2 \cdot (75-22) \cdot 6,5 \cdot 410 \\ &= 169494 \text{ N} \\ &= 16949,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 11686,7 \text{ kg}$ .

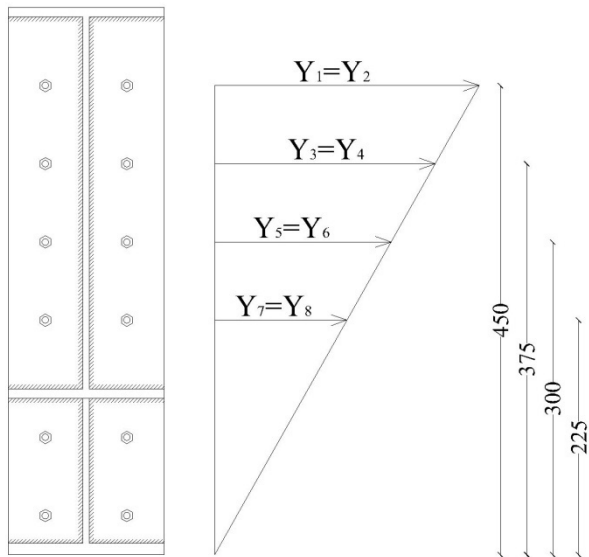
Kontroling :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi \cdot R_{nv} \cdot n \\ 5173,85 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 11686,7 \text{ kg} \cdot 8 \\ 5173,85 \text{ kg} &< 70120,3 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kuat tarik dari baut

$$\begin{aligned} R_{nt} &= F_{nt} \cdot A_b \\ &= 6200 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 6200 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2 \text{ cm})^2) \\ &= 19477,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan gaya akibat momen dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.45.** Gaya akibat momen pada sambungan balok induk atap memanjang – kolom

$$\begin{aligned}
 T_U &= \frac{M_U \cdot Y_1}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{23760,96 \cdot 450}{(967500)^2} \\
 &= 11051,61 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 T_u &\leq \phi \cdot R_{nt} \\
 11051,61 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 19477,87 \text{ kg} \\
 11051,61 \text{ kg} &< 14608,41 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= t \cdot H_{\text{balok}} \\
 &= 6,5 \text{ mm} \cdot 375 \text{ mm} \\
 &= 2437,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= A_{gv} - (t \cdot D_o \cdot n / 2) \\
 &= 2437,5 \text{ mm}^2 - (6,5 \text{ mm} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 8 / 2) \\
 &= 1865,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 1,0 \cdot 6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \\
 &= 1,0 \cdot 6 \cdot 250 \text{ Mpa} \cdot 2437,5 \text{ mm}^2 \\
 &= 365625 \text{ N} \\
 &= 36562,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 1865,5 \text{ mm}^2 \\
 &= 344185 \text{ N} \\
 &= 34418,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

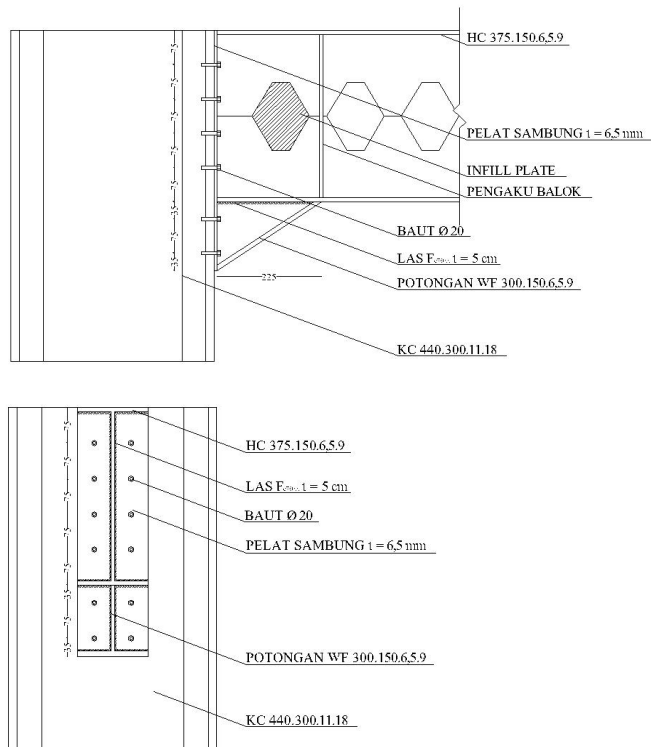
Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 34418,5 \text{ kg}$ .

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_n \\
 5173,85 \text{ kg} &< 34418,5 \text{ kg} \quad \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga sambungan balok induk atap – kolom dapat digambarkan seperti dibawah ini :



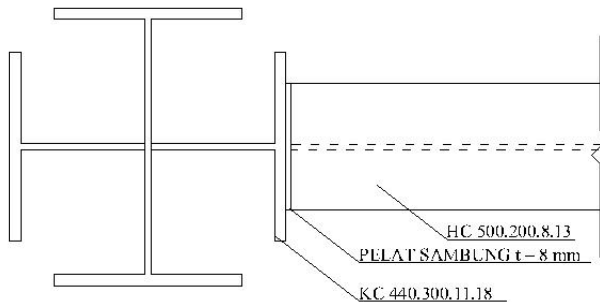


**Gambar 4.46.** Detail sambungan balok indukatap – kolom

b. Sambungan Balok Induk Lt.2-10 Memanjang - Kolom

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las sudut untuk pengelasan pelat penyambung terhadap balok induk. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

|                             |   |                         |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Profil balok anak           | : | HC 500.200.8.13         |
| Profil balok induk          | : | KC 450.300.11.18        |
| Tebal pelat sambung, t      | : | 8 mm                    |
| Tinggi pelat tambah, $d_1$  | : | 150 mm                  |
| Lebar pelat tambah, $b_1$   | : | 300 mm                  |
| Mutu baja                   | : | BJ-41                   |
| $F_y$                       | : | 250 Mpa                 |
| $F_u$                       | : | 410 Mpa                 |
| Mutu logam las              | : | FE70xx                  |
| $F_{exx}$                   | : | 4921 kg/cm <sup>2</sup> |
| Diameter baut, D            | : | 20 mm                   |
| Diameter lubang baut, $D_o$ | : | 22 mm                   |
| Mutu baut                   | : | A325                    |
| $F_{nt}$                    | : | 620 Mpa                 |
| $F_{nv}$                    | : | 372 Mpa                 |



**Gambar 4.47.** Sambungan balok induk lt.2-10 memanjang – kolom

Untuk gaya dalam sambungan balok induk lt.2-10 memanjang - kolom sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_U &= 13245,05 \text{ kg} \\
 M_U &= 1,1,1,3 \cdot F_y \cdot Z_x \\
 &= 1,1,1,3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1635,6 \text{ cm}^3 \\
 &= 5847098 \text{ kg.cm} \\
 &= 58470,98 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan perencanaan sambungan balok induk atap memanjang - kolom adalah sebagai berikut:

- Sambungan las

$$\begin{aligned}\text{Panjang efektif} &= 2(H_{\text{balok}} - 2t_f) + 4(B_{\text{balok}} - t_w) + 2(150 - t_f) \\ &= 2(500 - 2 \cdot 13) + 4(200 - 8) + 2(150 - 13) \\ &= 1990 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\ &= 5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{we}} &= \text{Panjang efektif} \cdot \text{throat efektif} \\ &= 1990 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \\ &= 9950 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}R_u &\leq \phi \cdot F_{\text{exx}} \cdot A_{\text{we}} \\ 13245,05 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4921 \text{ kg/cm}^2 \cdot 99,5 \text{ cm}^2 \\ 13245,05 \text{ kg} &< 220337,8 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

- Sambungan baut

Sambungan pada balok induk lt.2-10 – kolom direncanakan menggunakan 14 buah baut.

➤ Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}\text{Spasi baut maksimum} &= 14 \cdot \text{tebal bagian tertipis} \\ &= 14 \cdot 8 \text{ mm} \\ &= 112 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Spasi baut minimum} &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot D \\ &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 20 \text{ mm} \\ &= 53,3 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, S} = 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi maksimum} &= 12 \cdot \text{tebal yg disambung} \\ &= 12 \cdot (8 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\ &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\ &\quad \text{Tabel J3.4M} \\ &= 26 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi pakai, } t_p = 40 \text{ mm}$$

## ➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2 \text{ cm})^2) \\
 &= 11686,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\
 &= 1,2 \cdot (70-22) \cdot 8.410 \\
 &= 188928 \text{ N} \\
 &= 18892,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 11686,7 \text{ kg}$ .

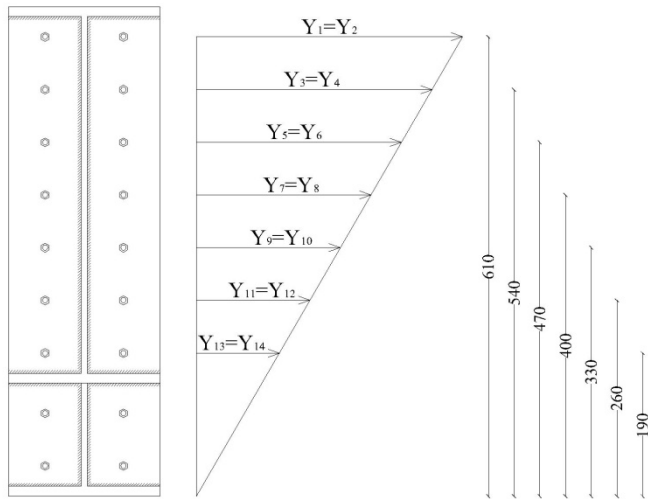
Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_{nv} \cdot n \\
 13245,05 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 11686,7 \text{ kg} \cdot 14 \\
 13245,05 \text{ kg} &< 122710,61 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kuat tarik dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nt} &= F_{nt} \cdot A_b \\
 &= 6200 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\
 &= 6200 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2 \text{ cm})^2) \\
 &= 19477,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan gaya akibat momen dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.48.** Gaya akibat momen pada sambungan balok induk lt.2-10 memanjang – kolom

$$\begin{aligned}
 T_U &= \frac{M_U \cdot Y_1}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{58470,98 \cdot 610}{(2514400)^2} \\
 &= 14185,21 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 T_u &\leq \phi \cdot R_{nt} \\
 14185,21 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 19477,87 \text{ kg} \\
 14185,21 \text{ kg} &< 14608,41 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= t \cdot H_{balok} \\
 &= 8 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} \\
 &= 4000 \text{ mm}^2 \\
 A_{nv} &= A_{gv} - (t \cdot D_o \cdot n/2) \\
 &= 2437,5 \text{ mm}^2 - (8 \text{ mm} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 8/2) \\
 &= 2768 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 1,0,6.F_y.A_{gv} \\ &= 1,0,6.250\text{Mpa}.4000\text{mm}^2 \\ &= 600000 \text{ N} \\ &= 60000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

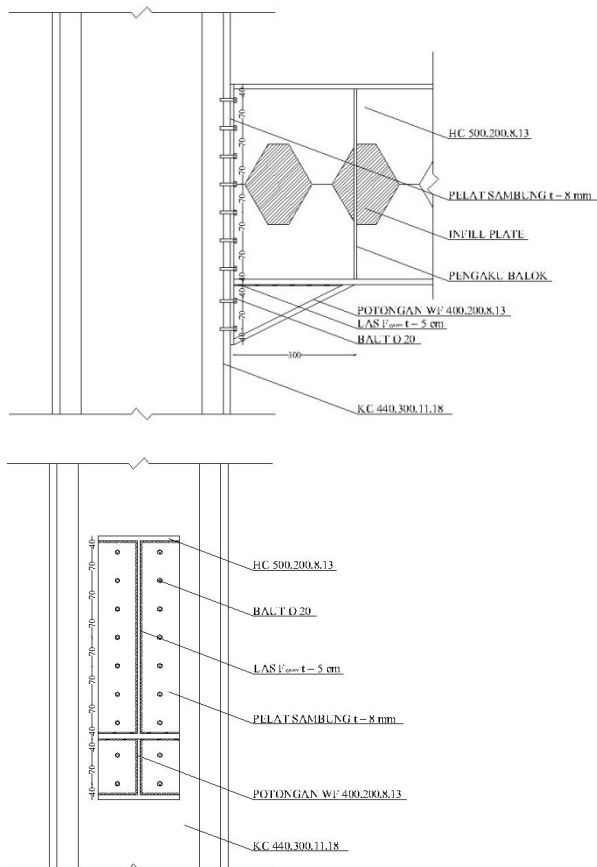
$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75.0,6.F_u.A_{nv} \\ &= 0,75.0,6.410\text{Mpa}.2768\text{mm}^2 \\ &= 510696 \text{ N} \\ &= 51069,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 51069,6 \text{ kg}$ .

Kontroling :

$$\begin{aligned}R_u &\leq \phi.R_n \\ 13245,05 \text{ kg} &< 51069,6 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}\end{aligned}$$

Sehingga sambungan balok induk atap – kolom dapat digambarkan seperti dibawah ini :



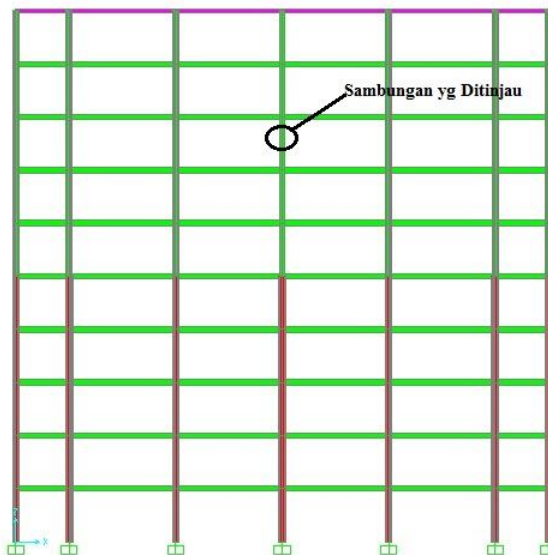
**Gambar 4.49.** Detail sambungan balok indukt.2-10 – kolom

#### 4.4.11 Perhitungan Sambungan Kolom – Kolom

##### a. Antar Kolom KC 450.300.11.18

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut yang berada di pelat badan dan di pelat sayap. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

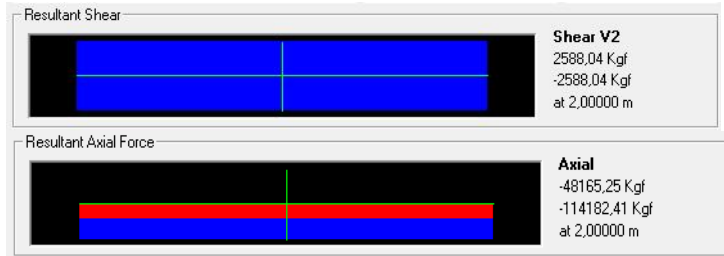
|                             |   |                         |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Profil kolom 1              | : | KC 450.300.11.18        |
| $I_x$ profil                | : | 64210 cm <sup>4</sup>   |
| $I_x$ badan                 | : | 23208,1 cm <sup>4</sup> |
| $Z_x$                       | : | 4192,02 cm <sup>3</sup> |
| Profil kolom 2              | : | KC 450.300.11.18        |
| $I_x$ profil                | : | 64210 cm <sup>4</sup>   |
| $I_x$ badan                 | : | 23208,1 cm <sup>4</sup> |
| $Z_x$                       | : | 4192,02 cm <sup>3</sup> |
| Tebal pelat sambung, t      | : | 18 mm                   |
| Mutu baja                   | : | BJ-41                   |
| $F_y$                       | : | 250 Mpa                 |
| $F_u$                       | : | 410 Mpa                 |
| Diameter baut, D            | : | 24 mm                   |
| Diameter lubang baut, $D_o$ | : | 27 mm                   |
| Mutu baut                   | : | A325                    |
| $F_{nt}$                    | : | 620 Mpa                 |
| $F_{nv}$                    | : | 372 Mpa                 |



**Gambar 4.50.** Sambungan antar kolom KC 450-300.11.18 yang ditinjau



Untuk gaya dalam sambungan antar kolom KC 450.300.11.18 sebagai berikut :



**Gambar 4.51.** Gaya dalam sambungan antar kolom 450.300.11.18

$$\begin{aligned}
 V_U &= 2588,04 \text{ kg} \\
 P_U &= 114182,41 \text{ kg} \\
 P_{U \text{ badan}} &= \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \cdot P_U \\
 &= \frac{23208,1}{64210} \cdot 114182,41 \\
 &= 41270,11 \text{ kg} \\
 P_{U \text{ sayap}} &= P_U - P_{U \text{ badan}} \\
 &= 114182,41 \text{ kg} - 41270,11 \text{ kg} \\
 &= 72912,30 \text{ kg} \\
 M_U &= 1,1,1,3 \cdot F_y \cdot Z_x \\
 &= 1,1,1,3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 4192,02 \text{ cm}^3 \\
 &= 1498648,2 \text{ kg.cm} \\
 &= 149864,82 \text{ kg.m} \\
 M_{U \text{ badan}} &= \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \cdot M_U \\
 &= \frac{23208,1}{64210} \cdot 149864,82 \\
 &= 54167,17 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{U \text{ sayap}} &= M_U - M_{U \text{ badan}} \\
 &= 149864,82 \text{ kg.m} - 54167,17 \text{ kg} \\
 &= 95697,65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan perencanaan sambungan antar kolom KC 450.300.11.18 adalah sebagai berikut:

- Sambungan pada pelat sayap  
Sambungan pada pelat sayap didesain menggunakan 20 buah baut.

➤ Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut maksimum} &= 14 \cdot \text{tebal bagian tertipis} \\
 &= 14 \cdot 11 \text{ mm} \\
 &= 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut minimum} &= 2 \frac{2}{3} \cdot D \\
 &= 2 \frac{2}{3} \cdot 24 \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, S} = 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi maksimum} &= 12 \cdot \text{tebal yg disambung} \\
 &= 12 \cdot (11 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\
 &\quad \text{Tabel J3.4M} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi pakai, } t_p = 35 \text{ mm}$$

➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2,4 \text{ cm})^2) \\
 &= 16828,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\
 &= 1,2 \cdot (70-27) \cdot 11.410 \\
 &= 188928 \text{ N} \\
 &= 23271,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 16828,88 \text{ kg}$ .

Gaya akibat momen ultimate

$$\begin{aligned} T &= \frac{M_U \text{ sayap}}{d} \\ &= \frac{95697,65}{0,45} \\ &= 217494,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya akibat aksial ultimate

$$\begin{aligned} P &= \frac{P_U \text{ sayap}}{4} \\ &= \frac{72912,30}{4} \\ &= 18228,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} R_u &= T + P \\ &= 217494,66 \text{ kg} + 18228,07 \text{ kg} \\ &= 235722,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi \cdot R_n \cdot n \\ 235722,73 \text{ kg} &< 0,75 \cdot 16828,88 \text{ kg} \cdot 20 \\ 235722,73 \text{ kg} &< 252433,25 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2 \cdot t \cdot H_{\text{plat sambung}} \\ &= 2 \cdot 18 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} \\ &= 25200 \text{ mm}^2 \\ A_{nv} &= A_{gv} - (2 \cdot t \cdot D_o \cdot n/2) \\ &= 25200 \text{ mm}^2 - (18 \text{ mm} \cdot 27 \text{ mm} \cdot 20/2) \\ &= 15480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 1,0 \cdot 6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \\ &= 1,0 \cdot 6 \cdot 250 \text{ Mpa} \cdot 25200 \text{ mm}^2 \\ &= 3780000 \text{ N} \\ &= 378000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 15480 \text{ mm}^2 \\ &= 2856060 \text{ N} \\ &= 285606 \text{ kg}\end{aligned}$$

Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 285606 \text{ kg}$ .

Kontroling :

$$\begin{aligned}R_u &\leq \phi \cdot R_n \\ 235722,73 \text{ kg} &< 285606 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

- Sambungan pada pelat badan  
Sambungan pada pelat sayap didesain menggunakan 32 buah baut.

➤ Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}\text{Spasi baut maksimum} &= 14 \cdot \text{tebal bagian tertipis} \\ &= 14 \cdot 18 \text{ mm} \\ &= 180 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Spasi baut minimum} &= 2 \frac{2}{3} \cdot D \\ &= 2 \frac{2}{3} \cdot 24 \text{ mm} \\ &= 64 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, S} = 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi maksimum} &= 12 \cdot \text{tebal yg disambung} \\ &= 12 \cdot (11 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\ &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\ &\quad \text{Tabel J3.4M} \\ &= 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi pakai, } t_p = 35 \text{ mm}$$

➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\ &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2,4 \text{ cm})^2) \\ &= 16828,88 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\
 &= 1,2 \cdot (70-27) \cdot 11.410 \\
 &= 188928 \text{ N} \\
 &= 23271,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

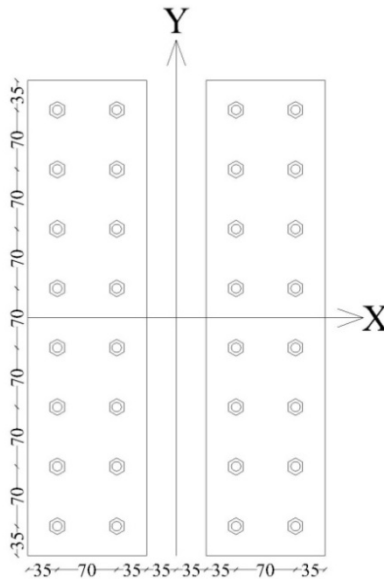
Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 16828,88 \text{ kg}$ .

Gaya akibat geser ultimate

$$\begin{aligned}
 R_{uhl} &= \frac{V_u}{n} \\
 &= \frac{2588,04}{32} \\
 &= 80,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya akibat momen ultimate

Untuk mempermudah dalam penentuan koordinat letak baut, maka dapat dilihat gambar dibawah ini:



**Gambar 4.52.** Koordinat baut pada pelat badan sambungan antar kolom KC 450.300.11.18

$$\sum x^2 + y^2 = 12152 \text{ cm}^2$$

Arah sumbu y :

$$\begin{aligned} R_{uv} &= \frac{M_{u \text{ badan} \cdot y_{\text{maks}}}}{\sum x^2 + y^2} \\ &= \frac{54167,17 \cdot 24,5}{12152} \\ &= 10920,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

Arah sumbu x :

$$\begin{aligned} R_{uh2} &= \frac{M_{u \text{ badan} \cdot x_{\text{maks}}}}{\sum x^2 + y^2} \\ &= \frac{54167,17 \cdot 14}{12152} \\ &= 6240,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

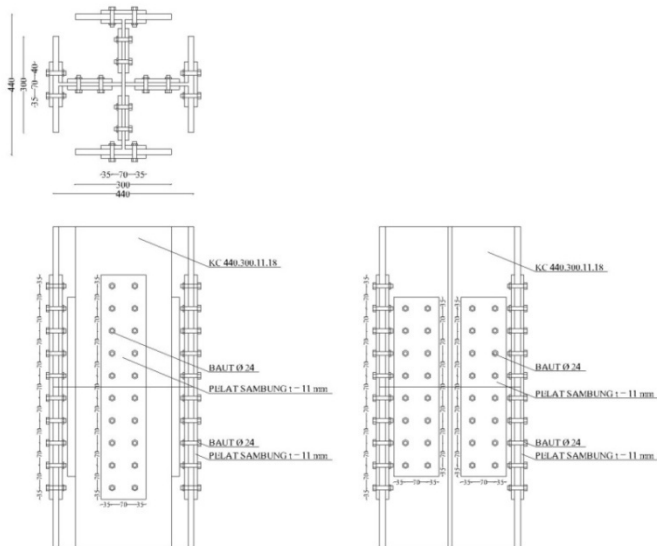
Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} R_u &= \sqrt{R_{uv}^2 + R_{uh1}^2 + R_{uh2}^2} \\ &= \sqrt{192080^2 + 80,88^2 + 6240,46^2} \\ &= 12618,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi \cdot R_n \\ 12618,37 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 16828,88 \text{ kg} \\ 12618,37 \text{ kg} &\leq 12621,66 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Sehingga sambungan antar kolom KC 450.300.11.18 dapat digambarkan seperti dibawah ini :



**Gambar 4.53.** Detail sambungan kolom KC 450.300.11.18

b. Antar Kolom KC 500.300.11.18

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut yang berada di pelat badan dan di pelat sayap. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

Profil kolom 1 : KC 500.300.11.18

$I_x$  profil :  $79110 \text{ cm}^4$

$I_x$  badan :  $32643,9 \text{ cm}^4$

$Z_x$  :  $4641,96 \text{ cm}^3$

Profil kolom 2 : KC 500.300.11.18

$I_x$  profil :  $79110 \text{ cm}^4$

$I_x$  badan :  $32643,9 \text{ cm}^4$

$Z_x$  :  $4641,96 \text{ cm}^3$

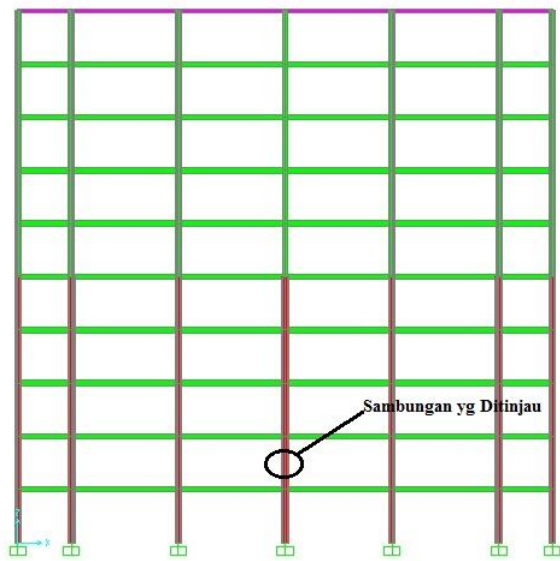
Tebal pelat sambung, t : 18 mm

Mutu baja : BJ-41

$F_y$  : 250 Mpa

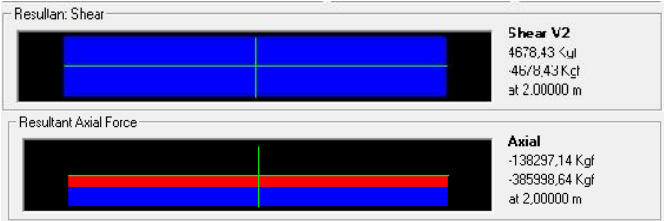
$F_u$  : 410 Mpa

Diameter baut, D : 24 mm  
Diameter lubang baut, D<sub>o</sub> : 27 mm  
Mutu baut : A325  
F<sub>nt</sub> : 620 Mpa  
F<sub>nv</sub> : 372 Mpa



**Gambar 4.54.** Sambungan antar kolom KC 500-300.11.18 yang ditinjau

Untuk gaya dalam sambungan antar kolom KC 500.300.11.18 sebagai berikut :



**Gambar 4.55.** Gaya dalam sambungan antar kolom KC 500.300.11.18



$$\begin{aligned}
V_U &= 4678,43 \text{ kg} \\
P_U &= 385998,64 \text{ kg} \\
P_{U \text{ badan}} &= \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \cdot P_U \\
&= \frac{32643,9}{79110} \cdot 385998,64 \\
&= 159278,11 \text{ kg} \\
P_{U \text{ sayap}} &= P_U - P_{U \text{ badan}} \\
&= 385998,64 \text{ kg} - 159278,11 \text{ kg} \\
&= 226720,53 \text{ kg} \\
M_U &= 1,1,1,3.F_y.Z_x \\
&= 1,1,1,3.2500 \text{ kg/cm}^2.4641,96 \text{ cm}^3 \\
&= 16595018 \text{ kg.cm} \\
&= 165950,18 \text{ kg.m} \\
M_{U \text{ badan}} &= \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \cdot M_U \\
&= \frac{32643,9}{79110} \cdot 165950,18 \\
&= 68477,52 \text{ kg.m} \\
M_{U \text{ sayap}} &= M_U - M_{U \text{ badan}} \\
&= 165950,18 \text{ kg.m} - 68477,52 \text{ kg} \\
&= 97472,65 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

Perhitungan perencanaan sambungan antar kolom KC 500.300.11.18 adalah sebagai berikut:

- Sambungan pada pelat sayap  
Sambungan pada pelat sayap didesain menggunakan 24 buah baut.
  - Spasi dan jarak tepi  
Spasi baut maksimum = 14.tebal bagian tertipis  
= 14.18 mm  
= 180 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut minimum} &= 2\frac{2}{3}.D \\
 &= 2\frac{2}{3}.24 \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm} \\
 \text{Spasi pakai, S} &= 70 \text{ mm} \\
 \text{Jarak tepi maksimum} &= 12.\text{tebal yg disambung} \\
 &= 12.(11 \text{ mm}+18 \text{ mm}) \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\
 &\quad \text{Tabel J3.4M} \\
 &= 30 \text{ mm} \\
 \text{Jarak tepi pakai, } t_p &= 35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= F_{nv}.A_b \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2.(0,25.\pi.D^2) \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2.(0,25.\pi.(2,4 \text{ cm})^2) \\
 &= 16828,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2.l.c.F_u \\
 &= 1,2.(70-27).11.410 \\
 &= 188928 \text{ N} \\
 &= 23271,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 16828,88 \text{ kg}$ .

Gaya akibat momen ultimate

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{M_U \text{ sayap}}{d} \\
 &= \frac{97472,65}{0,488} \\
 &= 199739,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya akibat aksial ultimate

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P_U \text{ sayap}}{4} \\
 &= \frac{226720,53}{4} \\
 &= 56680,13 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned}
 R_u &= T + P \\
 &= 199739,04 \text{ kg} + 56680,13 \text{ kg} \\
 &= 256419,18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_n \cdot n \\
 256419,18 \text{ kg} &< 0,75 \cdot 16828,88 \text{ kg} \cdot 24 \\
 256419,18 \text{ kg} &< 302919,90 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned}
 A_{gv} &= 2 \cdot t \cdot H_{\text{plat sambung}} \\
 &= 2 \cdot 18 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} \\
 &= 25200 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= A_{gv} - (2 \cdot t \cdot D_o \cdot n / 2) \\
 &= 25200 \text{ mm}^2 - (18 \text{ mm} \cdot 27 \text{ mm} \cdot 20 / 2) \\
 &= 15480 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 1,0 \cdot 6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \\
 &= 1,0 \cdot 6 \cdot 250 \text{ Mpa} \cdot 25200 \text{ mm}^2 \\
 &= 3780000 \text{ N} \\
 &= 378000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 15480 \text{ mm}^2 \\
 &= 2856060 \text{ N} \\
 &= 285606 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 285606 \text{ kg}$ .

Kontroling :

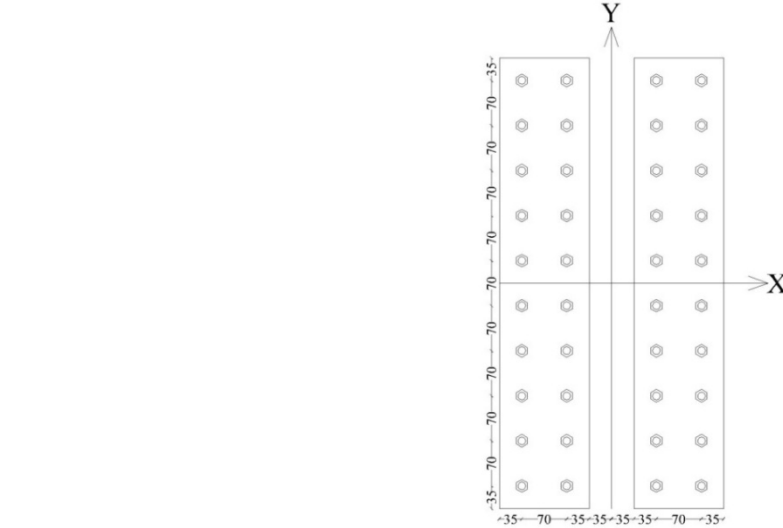
$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_n \\
 256419,18 \text{ kg} &< 285606 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Sambungan pada pelat badan  
Sambungan pada pelat sayap didesain menggunakan 40 buah baut.



### Gaya akibat momen ultimate

Untuk mempermudah dalam penentuan koordinat letak baut, maka dapat dilihat gambar dibawah ini:



**Gambar 4.56.** Koordinat baut pada pelat badan sambungan antar kolom KC 500.300.11.18

$$\sum x^2 + y^2 = 21070 \text{ cm}^2$$

Arah sumbu y :

$$\begin{aligned} R_{uv} &= \frac{M_u \text{ badan} \cdot y_{\text{maks}}}{\sum x^2 + y^2} \\ &= \frac{68477,52 \cdot 31,5}{21070} \\ &= 10237,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Arah sumbu x :

$$\begin{aligned} R_{uh2} &= \frac{M_u \text{ badan} \cdot x_{\text{maks}}}{\sum x^2 + y^2} \\ &= \frac{68477,52 \cdot 14}{21070} \\ &= 4550,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

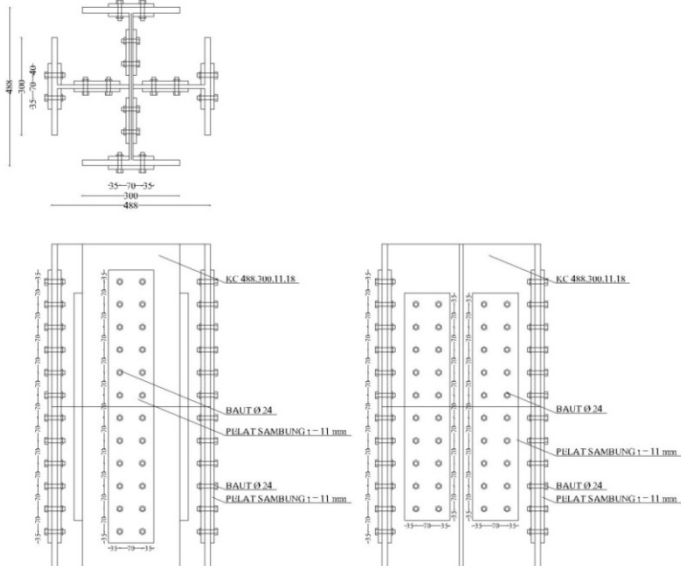
Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned}
 R_u &= \sqrt{R_{uv}^2 + R_{uh1}^2 + R_{uh2}^2} \\
 &= \sqrt{10237,5^2 + 116,96^2 + 4550,00^2} \\
 &= 11203,69 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \phi \cdot R_n \\
 11203,69 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 16828,88 \text{ kg} \\
 11203,69 \text{ kg} &\leq 12621,66 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Sehingga sambungan antar kolom KC 500.300.11.18 dapat digambarkan seperti dibawah ini :

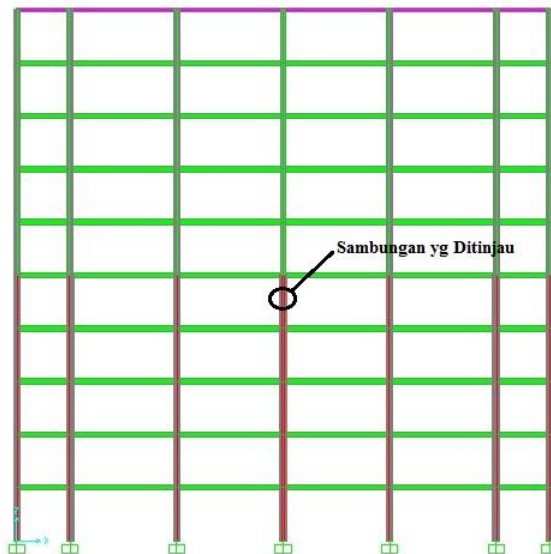


**Gambar 4.57.** Detail sambungan kolom KC 500.300.11.18

c. Kolom KC 450.300.11.18 – Kolom KC 500.300.11.18

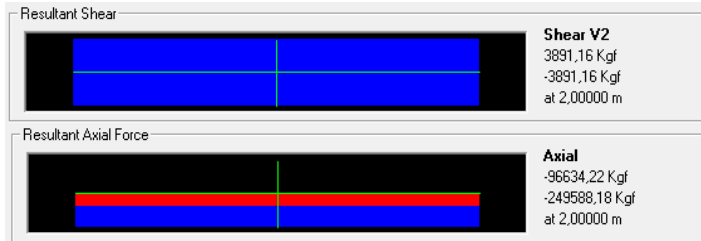
Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut yang berada di pelat badan dan di pelat sayap. Data perencanaan serta gambar perencanaan sebagai berikut :

|                             |   |                         |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Profil kolom 1              | : | KC 450.300.11.18        |
| $I_x$ profil                | : | 64210 cm <sup>4</sup>   |
| $I_x$ badan                 | : | 23208,1 cm <sup>4</sup> |
| $Z_x$                       | : | 4192,02 cm <sup>3</sup> |
| Profil kolom 2              | : | KC 500.300.11.18        |
| $I_x$ profil                | : | 79110 cm <sup>4</sup>   |
| $I_x$ badan                 | : | 32643,9 cm <sup>4</sup> |
| $Z_x$                       | : | 4641,96 cm <sup>3</sup> |
| Tebal pelat sambung, t      | : | 18 mm                   |
| Mutu baja                   | : | BJ-41                   |
| $F_y$                       | : | 250 Mpa                 |
| $F_u$                       | : | 410 Mpa                 |
| Diameter baut, D            | : | 24 mm                   |
| Diameter lubang baut, $D_o$ | : | 27 mm                   |
| Mutu baut                   | : | A325                    |
| $F_{nt}$                    | : | 620 Mpa                 |
| $F_{nv}$                    | : | 372 Mpa                 |



**Gambar 4.58.** Sambungan kolom KC 450.300.11.18 - KC 500.300.11.18 yang ditinjau

Untuk gaya dalam sambungan kolom KC 450.300.11.18 - kolom KC 500.300.11.18 sebagai berikut :



**Gambar 4.59.** Gaya dalam sambungan kolom KC 450.300.11.18 – KC 500.300.11.18

$$V_U = 3891,16 \text{ kg}$$

$$P_U = 249588,18 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ badan}} = \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \cdot P_U$$

$$= \frac{32643,9}{79110} \cdot 249588,18$$

$$= 102989,83 \text{ kg}$$

$$P_{U \text{ sayap}} = P_U - P_{U \text{ badan}}$$

$$= 249588,18 \text{ kg} - 102989,83 \text{ kg}$$

$$= 146598,35 \text{ kg}$$

$$M_U = 1,1.1,3.F_y.Z_x$$

$$= 1,1.1,3.2500 \text{ kg/cm}^2.4641,96 \text{ cm}^3$$

$$= 16595018 \text{ kg.cm}$$

$$= 165950,18 \text{ kg.m}$$

$$M_{U \text{ badan}} = \frac{I_{x \text{ badan}}}{I_{x \text{ profil}}} \cdot M_U$$

$$= \frac{32643,9}{79110} \cdot 165950,18$$

$$= 68477,52 \text{ kg.m}$$



$$\begin{aligned}
 M_{U \text{ sayap}} &= M_U - M_{U \text{ badan}} \\
 &= 165950,18 \text{ kg.m} - 68477,52 \text{ kg} \\
 &= 97472,65 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan perencanaan sambungan antar kolom KC 500.300.11.18 adalah sebagai berikut:

- Sambungan pada pelat sayap  
Sambungan pada pelat sayap didesain menggunakan 20 buah baut.

➤ Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut maksimum} &= 14. \text{tebal bagian tertipis} \\
 &= 14.18 \text{ mm} \\
 &= 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi baut minimum} &= 2. \frac{2}{3}. D \\
 &= 2. \frac{2}{3}. 24 \text{ mm} \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, } S = 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi maksimum} &= 12. \text{tebal yg disambung} \\
 &= 12. (11 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\
 &\quad \text{Tabel J3.4M} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi pakai, } t_p = 35 \text{ mm}$$

➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\
 &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2,4 \text{ cm})^2) \\
 &= 16828,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\
 &= 1,2 \cdot (70-27) \cdot 11.410 \\
 &= 188928 \text{ N} \\
 &= 23271,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 16828,88 \text{ kg}$ .

Gaya akibat momen ultimate

$$\begin{aligned} T &= \frac{M_U \text{ sayap}}{d} \\ &= \frac{97472,65}{0,488} \\ &= 199739,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya akibat aksial ultimate

$$\begin{aligned} P &= \frac{P_U \text{ sayap}}{4} \\ &= \frac{146598,35}{4} \\ &= 36649,59 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} R_u &= T + P \\ &= 199739,04 \text{ kg} + 36649,59 \text{ kg} \\ &= 236388,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi \cdot R_n \cdot n \\ 236388,63 \text{ kg} &< 0,75 \cdot 16828,88 \text{ kg} \cdot 20 \\ 236388,63 \text{ kg} &< 252433,25 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

➤ Kekuatan dari elemen penyambung

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2 \cdot t \cdot H_{\text{plat sambung}} \\ &= 2 \cdot 18 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} \\ &= 25200 \text{ mm}^2 \\ A_{nv} &= A_{gv} - (2 \cdot t \cdot D_o \cdot n / 2) \\ &= 25200 \text{ mm}^2 - (18 \text{ mm} \cdot 27 \text{ mm} \cdot 20 / 2) \\ &= 15480 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk pelelehan geser :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 1,0 \cdot 6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \\ &= 1,0 \cdot 6 \cdot 250 \text{ Mpa} \cdot 25200 \text{ mm}^2 \\ &= 3780000 \text{ N} \\ &= 378000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk keruntuhan geser :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 15480 \text{ mm}^2 \\ &= 2856060 \text{ N} \\ &= 285606 \text{ kg}\end{aligned}$$

Karena nilai keruntuhan geser dari elemen penyambung lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 285606 \text{ kg}$ .

Kontroling :

$$\begin{aligned}R_u &\leq \phi \cdot R_n \\ 236388,63 \text{ kg} &< 285606 \text{ kg} \quad \text{(memenuhi)}\end{aligned}$$

- Sambungan pada pelat badan  
Sambungan pada pelat sayap didesain menggunakan 40 buah baut.

➤ Spasi dan jarak tepi

$$\begin{aligned}\text{Spasi baut maksimum} &= 14 \cdot \text{tebal bagian tertipis} \\ &= 14 \cdot 18 \text{ mm} \\ &= 180 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Spasi baut minimum} &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot D \\ &= 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 24 \text{ mm} \\ &= 64 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Spasi pakai, } S = 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi maksimum} &= 12 \cdot \text{tebal yg disambung} \\ &= 12 \cdot (11 \text{ mm} + 18 \text{ mm}) \\ &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi minimum} &= \text{SNI 03-1729-2015} \\ &\quad \text{Tabel J3.4M} \\ &= 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi pakai, } t_p = 35 \text{ mm}$$

➤ Kekuatan dari baut

Kuat geser dari baut

$$\begin{aligned}R_{nv} &= F_{nv} \cdot A_b \\ &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 3720 \text{ kg/cm}^2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot (2,4 \text{ cm})^2) \\ &= 16828,88 \text{ kg}\end{aligned}$$

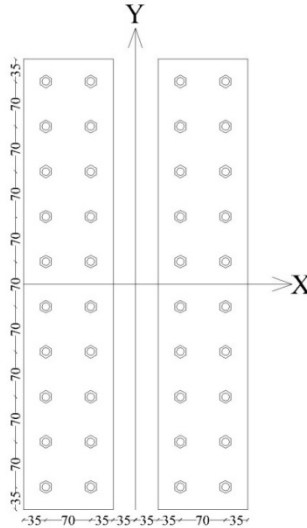
Kuat tumpu dari baut

$$\begin{aligned}
 R_{nv} &= 1,2 \cdot l_c \cdot F_u \\
 &= 1,2 \cdot (70-27) \cdot 11.410 \\
 &= 188928 \text{ N} \\
 &= 23271,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai kuat geser dari baut lebih kecil maka digunakan nilai  $R_n = 16828,88 \text{ kg}$ .

Gaya akibat geser ultimate

$$\begin{aligned}
 R_{uh1} &= \frac{V_u}{n} \\
 &= \frac{3891,16}{40} \\
 &= 97,28 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya akibat momen ultimate

**Gambar 4.60.** Koordinat baut pada pelat badan sambungan kolom KC 450.300.11.18 – KC 500.300.11.18

$$\Sigma x^2 + y^2 = 21070 \text{ cm}^2$$

Arah sumbu y :

$$\begin{aligned} R_{uv} &= \frac{M_u \text{ badan} \cdot y_{\text{maks}}}{\Sigma x^2 + y^2} \\ &= \frac{68477,52 \cdot 31,5}{21070} \\ &= 10237,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Arah sumbu x :

$$\begin{aligned} R_{uh2} &= \frac{M_u \text{ badan} \cdot x_{\text{maks}}}{\Sigma x^2 + y^2} \\ &= \frac{68477,52 \cdot 14}{21070} \\ &= 4550,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

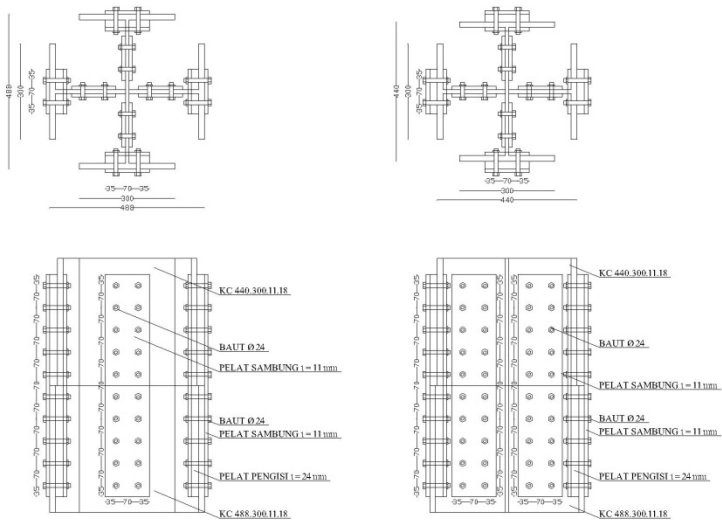
Gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} R_u &= \sqrt{R_{uv}^2 + R_{uh1}^2 + R_{uh2}^2} \\ &= \sqrt{10237,5^2 + 97,28^2 + 4550,00^2} \\ &= 11203,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} R_u &\leq \phi \cdot R_n \\ 11203,5 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 16828,88 \text{ kg} \\ 11203,5 \text{ kg} &\leq 12621,66 \text{ kg} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga sambungan kolom KC 450.300.11.18 – KC 500.300.11.18 dapat digambarkan seperti dibawah ini:



**Gambar 4.61.** Detail sambungan kolom KC 500.300.11.18 – kolom KC 450.300.11.18

#### 4.4.12 Perhitungan Base Plate

Perencanaan *base plate* pada bangunan gedung yang ditinjau berupa jarak dan panjang angkur, dimensi dan tebal *base plate*, dimensi pedestal, serta sambungan las pada *base plate*. Data perencanaan *base plate* sebagai berikut :

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Profil kolom           | : KC 500.300.11.18        |
| Mutu baja              | : BJ-41                   |
| $F_y$                  | : 250 Mpa                 |
| $F_u$                  | : 410 Mpa                 |
| Mutu beton             | : K-300                   |
| $F'_c$                 | : 25 Mpa                  |
| Mutu logam las         | : FE70xx                  |
| $F_{exx}$              | : 4921 kg/cm <sup>2</sup> |
| Diameter angkur, $d_b$ | : 22 mm                   |

Untuk nilai gaya dalam diambil dari nilai maksimal output analisa gedung yang ditinjau menggunakan program bantu SAP 2000. Nilai gaya dalam pada *base plate* adalah sebagai berikut :

$$P_U = 432072,62 \text{ kg}$$

$$M_{Ux} = 20210,44 \text{ kg.m}$$

$$M_{Uy} = 20641,91 \text{ kg.m}$$

Untuk perhitungan sambungan *base plate* sebagai berikut:

a. Perencanaan Dimensi *Base Plate*

Direncanakan :

$$\text{Jarak angkur ke tepi pelat, } w_e = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak angkur ke pelat sayap, } c = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak tepi pelat ke pelat sayap, } h = 9 \text{ cm}$$

Maka, nilai lebar *base plate* ( $H_1$ ) , nilai panjang *base plate* ( $B_1$ ), dan luas *base plate* ( $A_1$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_1 &= h_{\text{profil}} + 2.h \\ &= 488 \text{ mm} + (2.90 \text{ mm}) \\ &= 668 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= H_1 \\ &= 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= H_1.B_1 \\ &= 700 \text{ mm}.700 \text{ mm} \\ &= 490000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Perencanaan Dimensi Pedestal

Direncanakan dimensi pedestal lebih besar 50 mm dari pada dimensi *base plate*. Maka nilai lebar pedestal ( $H_2$ ), nilai panjang pedestal ( $B_2$ ), dan luas pedestal ( $A_2$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_2 &= H_1 + 50 \text{ mm} \\ &= 700 \text{ mm} + 50 \text{ mm} \\ &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= H_2 \\ &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= H_2 \cdot B_2 \\
 &= 750 \text{ mm} \cdot 750 \text{ mm} \\
 &= 562500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c. Kontrol Kekuatan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \phi_c P_c &= 0,65 \cdot 0,85 \cdot F'_c \cdot A_1 \cdot (A_1/A_2)^{0,5} \\
 &= 0,65 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 490000 \cdot (490000/562500)^{0,5} \\
 &= 7251563 \text{ N} = 725156,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{M_{U \text{ maks}}}{P_U} \\
 &= \frac{20641,91 \text{ kg} \cdot \text{m}}{432072,62 \text{ kg}} \\
 &= 4,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e \leq \frac{1}{6} H_1$$

$$4,78 \text{ mm} \leq \frac{1}{6} 700 \text{ mm}$$

$$4,78 \text{ mm} < 116,67 \text{ mm} \quad (\text{tidak terjadi tarik})$$

$$P_U \leq \phi_c P_c$$

$$432072,62 \text{ kg} < 725156,3 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

d. Perencanaan Tebal *Base Plate*

$$\begin{aligned}
 m &= 0,5 \cdot (H_1 - 0,95 \cdot h_{\text{kolom}}) \\
 &= 0,5 \cdot (700 \text{ mm} - 0,95 \cdot 488 \text{ mm}) \\
 &= 118,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= m \\
 &= 118,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n' &= \frac{1}{4} \sqrt{b_{\text{kolom}} \cdot h_{\text{kolom}}} \\
 &= \frac{1}{4} \sqrt{488 \text{ mm} \cdot 488 \text{ mm}} \\
 &= 95,66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= \left[ \frac{4 \cdot h \cdot b_f}{h + b_f} \right] \frac{P_U}{\phi_c P_c} \\
 &= 0,56
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{2\sqrt{x}}{1+\sqrt{1-x}} \\ &= \frac{2\sqrt{0,56}}{1+\sqrt{1-0,56}} \\ &= 0,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda n' &= 0,9.95,66 \text{ mm} \\ &= 86,29 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l &= \text{nilai maksimum antara } m, n, \text{ dan } \lambda n' \\ &= 118,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{PU} &= \frac{PU}{B_1.H_1} \\ &= 88,18 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{\min} &= l \sqrt{\frac{2.F_{pu}}{0,9.F_y}} \\ &= 3,31 \text{ cm}\end{aligned}$$

maka tebal *base plate* yang dipakai adalah :

$$t = 3,5 \text{ cm} = 35 \text{ mm}$$

e. Perencanaan Jarak dan Panjang Angkur

Sehingga didapatkan nilai panjang angkur ( $\lambda_d$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\lambda_d &= \frac{9.F_y}{10\sqrt{f'_c}} \alpha. \beta. \lambda. \gamma \\ &= 48,71 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}\end{aligned}$$

f. Sambungan Las pada *Base Plate*

$$\begin{aligned}\text{Panjang efektif} &= 2(H-2t_f-t_w)+4(B-t_w) \\ &= 2(488-2.18-11)+4(300-11) \\ &= 3382 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{throat efektif} &= \text{SNI 03-1729-2015, Tabel J2.4} \\ &= 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Panjang efektif. throat efektif} \\ &= 3382 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \\ &= 27056 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontroling :

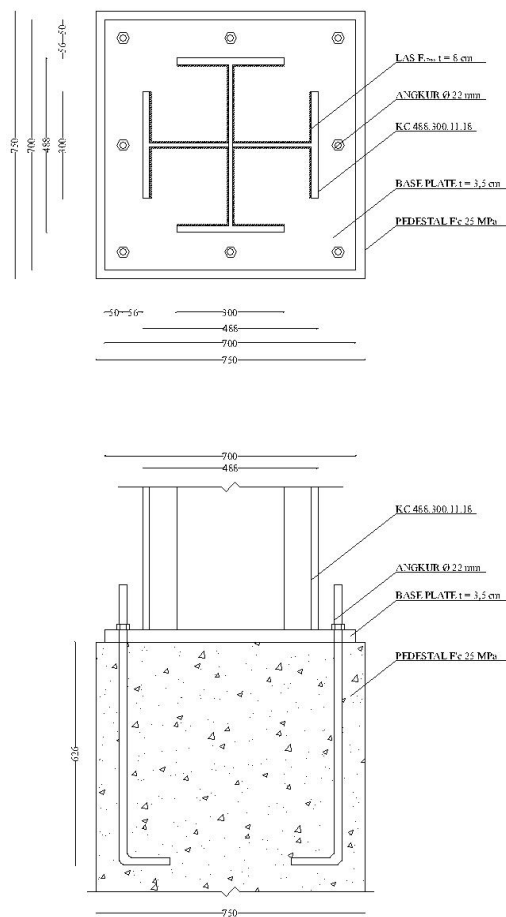
$F_u$   
 $P_u/A_{we}$   
1596,96 kg  
1596,96 kg

$\leq$   
 $\leq$   
 $\leq$   
 $<$

$\phi \cdot F_n$   
 $\phi \cdot F_{exx}$   
0,75.0,6.4921kg/cm<sup>2</sup>  
2214,45 kg

(memenuhi)

Sehingga *base plate* dapat digambarkan berikut :



Gambar 4.62. Detail *base plate*

## BAB V

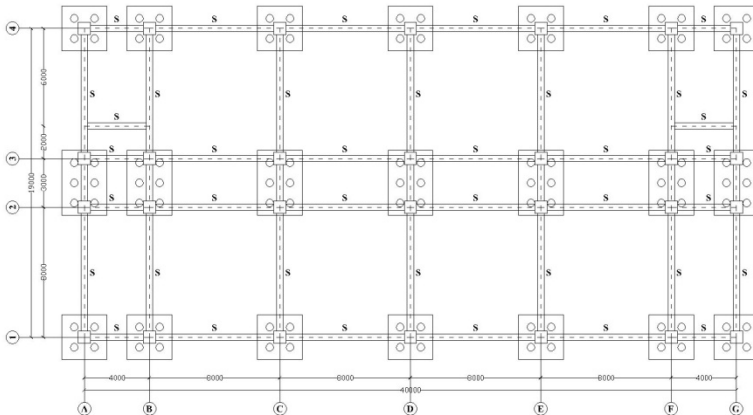
### ANALISA STRUKTUR BAWAH

#### 5.1 Umum

Perhitungan struktur bawah adalah tahapan untuk menganalisa kelayakan dari segi kekuatan struktur yang ada dibawah permukaan tanah. Analisa struktur bawah terbagi menjadi 3 bagian, yaitu tiang pancang, pile cap, dan sloof.

#### 5.2 Perhitungan Tiang Pancang

Dalam perencanaan tiang pancang pada gedung yang ditinjau, dibagi menjadi 2 tipe yaitu tiang pancang pada pondasi interior dan tiang pancang pada pondasi eksterior. Tiang pancang pada pondasi interior adalah bagian tiang pancang yang berada di bawah kolom interior dan tiang pancang pada pondasi eksterior adalah bagian tiang pancang yang berada di bawah kolom eksterior.



**Gambar 5.1.** Denah tiang pancang

##### 5.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan meliputi data hasil uji tanah SPT, data tiang pancang, jarak dan kedalaman tiang pancang, dimensi pedestal dan tebal pile cap, serta gaya dalam yang terjadi. Untuk data hasil uji tanah SPT dapat dilihat

di lampiran. Untuk data tiang pancang diambil dari brosur tiang pancang produksi WIKA BETON. Data tiang pancang yang diambil sebagai berikut :

|                                           |             |
|-------------------------------------------|-------------|
| Diameter tiang pancang , D                | : 500 mm    |
| Tebal tiang                               | : 90 mm     |
| Tipe                                      | : A1        |
| Kuat tekan ijin bahan, $P_{\text{bahan}}$ | : 185,3 T   |
| Bending moment crack                      | : 10,50 T.m |
| Bending moment ultimate                   | : 15,75 T.m |

Untuk jarak dan kedalaman tiang pancang dihitung sebagai berikut :

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| Spasi antar tiang, S    | = 2,5.D            |
|                         | = 2,5.500 mm       |
|                         | = 1250 mm = 125 cm |
| Jarak tepi tiang, $T_p$ | = 1,5.D            |
|                         | = 1,5.500 mm       |
|                         | = 750 mm = 75 cm   |
| Kedalaman dasar tiang   | = 26,00 m          |

Untuk dimensi pedestal dan tebal pile cap direncanakan sebagai berikut :

|                                               |          |
|-----------------------------------------------|----------|
| Panjang pedestal                              | : 0,75 m |
| Lebar pedestal                                | : 0,75 m |
| Tinggi pedestal diatas tanah                  | : 0,3 m  |
| Tinggi pedestal tertanam                      | : 2 m    |
| Tebal pile cap rencana, $t_{\text{pile cap}}$ | : 1 m    |

Nilai gaya dalam menurut beberapa kombinasi yang diambil dari program bantu analisa struktur SAP 2000 sebagai berikut :

- Tiang pancang pada pondasi eksterior

Akibat kombinasi beban D+L

|          |   |             |
|----------|---|-------------|
| $P_U$    | = | 259951,7 kg |
| $M_{Ux}$ | = | 1809,2 kg.m |
| $M_{Uy}$ | = | 2774,6 kg.m |
| $V_{Ux}$ | = | 2214,3 kg   |
| $V_{Uy}$ | = | 1467,1 kg   |

$$\begin{aligned}
 \sum M_{Ux} &= M_{Ux} + (V_{Uy} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
 &= 1809,2 \text{ kg.m} + (1467,1 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m}) \\
 &= 2982,9 \text{ kg.m} \\
 \sum M_{Uy} &= M_{Uy} + (V_{Ux} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
 &= 2774,6 \text{ kg.m} + (2214,3 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m}) \\
 &= 4546,0 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Akibat kombinasi beban D+L+E<sub>x</sub>

$$\begin{aligned}
 P_U &= 264688,7 \text{ kg} \\
 M_{Ux} &= 6716,8 \text{ kg.m} \\
 M_{Uy} &= 20037,8 \text{ kg.m} \\
 V_{Ux} &= 7479,3 \text{ kg} \\
 V_{Uy} &= 2659,5 \text{ kg} \\
 \sum M_{Ux} &= M_{Ux} + (V_{Uy} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
 &= 6716,8 \text{ kg.m} + (2659,5 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m}) \\
 &= 8844,5 \text{ kg.m} \\
 \sum M_{Uy} &= M_{Uy} + (V_{Ux} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
 &= 20037,8 \text{ kg.m} + (7479,3 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m}) \\
 &= 26021,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Akibat kombinasi beban D+L+E<sub>y</sub>

$$\begin{aligned}
 P_U &= 275695,3 \text{ kg} \\
 M_{Ux} &= 19458,7 \text{ kg.m} \\
 M_{Uy} &= 7962,1 \text{ kg.m} \\
 V_{Ux} &= 3792,3 \text{ kg} \\
 V_{Uy} &= 5925,3 \text{ kg} \\
 \sum M_{Ux} &= M_{Ux} + (V_{Uy} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
 &= 19458,7 \text{ kg.m} + (5925,3 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m}) \\
 &= 24198,9 \text{ kg.m} \\
 \sum M_{Uy} &= M_{Uy} + (V_{Ux} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
 &= 7962,1 \text{ kg.m} + (3792,3 \text{ kg} \cdot 0,8 \text{ m}) \\
 &= 10996,0 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Tiang pancang pada pondasi interior

Akibat kombinasi beban D+L

$$\begin{aligned}
 P_{U1} &= 323191,6 \text{ kg} \\
 M_{Ux1} &= 1397,66 \text{ kg.m} \\
 M_{Uy1} &= -2,12 \text{ E-10 kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{Ux1} &= -6,22E-11 \text{ kg} \\
V_{Uy1} &= -1018,56 \text{ kg} \\
P_{U2} &= 323989,5 \text{ kg} \\
M_{Ux2} &= -1022,01 \text{ kg.m} \\
M_{Uy2} &= -2,05E-10 \text{ kg.m} \\
V_{Ux2} &= -6,15E-11 \text{ kg} \\
V_{Uy2} &= 912,46 \text{ kg} \\
\sum M_{Ux} &= M_{Ux1} + M_{Ux2} + (V_{Uy1} \cdot t_{\text{pile cap}}) + (V_{Uy1} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
&= 284,3 \text{ kg.m} \\
\sum M_{Uy} &= M_{Uy1} + M_{Uy2} + (V_{Ux1} \cdot t_{\text{pile cap}}) + (V_{Ux1} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
&= 0,00 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

Akibat kombinasi beban D+L+E<sub>x</sub>

$$\begin{aligned}
P_{U1} &= 335588,7 \text{ kg} \\
M_{Ux1} &= 6953,53 \text{ kg.m} \\
M_{Uy1} &= 16516,23 \text{ kg.m} \\
V_{Ux1} &= 4811,58 \text{ kg} \\
V_{Uy1} &= 690,68 \text{ kg} \\
P_{U2} &= 336386,6 \text{ kg} \\
M_{Ux2} &= 4533,86 \text{ kg.m} \\
M_{Uy2} &= 16411,69 \text{ kg.m} \\
V_{Ux2} &= 4780,61 \text{ kg} \\
V_{Uy2} &= 2621,7 \text{ kg} \\
\sum M_{Ux} &= M_{Ux1} + M_{Ux2} + (V_{Uy1} \cdot t_{\text{pile cap}}) + (V_{Uy1} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
&= 15462,2 \text{ kg.m} \\
\sum M_{Uy} &= M_{Uy1} + M_{Uy2} + (V_{Ux1} \cdot t_{\text{pile cap}}) + (V_{Ux1} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
&= 44438,5 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

Akibat kombinasi beban D+L+E<sub>y</sub>

$$\begin{aligned}
P_{U1} &= 364393,7 \text{ kg} \\
M_{Ux1} &= 19862,76 \text{ kg.m} \\
M_{Uy1} &= 4970,9 \text{ kg.m} \\
V_{Ux1} &= 1448,15 \text{ kg} \\
V_{Uy1} &= 4662,15 \text{ kg} \\
P_{U2} &= 365191,6 \text{ kg} \\
M_{Ux2} &= 17443,09 \text{ kg.m} \\
M_{Uy2} &= 4939,44 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{Ux2} &= 1438,82 \text{ kg} \\
V_{Uy2} &= 6593,17 \text{ kg} \\
\sum M_{Ux} &= M_{Ux1} + M_{Ux2} + (V_{Uy1} \cdot t_{\text{pile cap}}) + (V_{Uy1} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
&= 50812,2 \text{ kg.m} \\
\sum M_{Uy} &= M_{Uy1} + M_{Uy2} + (V_{Ux1} \cdot t_{\text{pile cap}}) + (V_{Ux1} \cdot t_{\text{pile cap}}) \\
&= 13374,7 \text{ kg.m}
\end{aligned}$$

### 5.2.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin Tanah

Dari data tiang pancang, data kedalaman tiang pancang dan data hasil uji tanah SPT didapatkan nilai-nilai berikut ini:

$$\begin{aligned}
N_p &= \frac{26+28+29+31+33+35+37+39+43+44+46+48+50}{13} \\
&= 37,62 \\
K &= 40 \text{ T/m}^2 \text{ (tanah pasir)} \\
A_p &= 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \\
&= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (500\text{mm})^2 \\
&= 196349,5 \text{ mm}^2 = 0,1963 \text{ m}^2 \\
N_s &= 12,57 \\
A_s &= \pi \cdot D \cdot (\text{kedalaman dasar tiang-tinggi pedestal tertanam}) \\
&= 3,14 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot (26 \text{ m} - (2 \text{ m} + 1 \text{ m})) \\
&= 36,13 \text{ m}^2 \\
SF &= 3
\end{aligned}$$

Dari nilai-nilai diatas maka didapatkan nilai tahanan ujung ultimate ( $Q_p$ ), tahanan gesek dinding tiang ( $Q_s$ ), dan daya dukung tanah ( $Q_d$ ) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
Q_p &= N_p \cdot K \cdot A_p \\
&= 37,62 \cdot 40 \text{ T/m}^2 \cdot 0,1963 \text{ m}^2 \\
&= 295,43 \text{ T} \\
Q_s &= \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \\
&= \left( \frac{12,57}{3} + 1 \right) \cdot 36,12 \text{ m}^2 \\
&= 187,52 \text{ T}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_L &= Q_p + Q_s \\
 &= 295,43 \text{ T} + 187,52 \text{ T} \\
 &= 482,95 \text{ T} \\
 Q_d &= \frac{Q_L}{SF} \\
 &= \frac{482,95 \text{ T}}{3} \\
 &= 160,98 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Karena nilai daya dukung tanah ( $Q_d$ ) lebih kecil dari kuat tekan ijin bahan ( $P_{ijin}$ ), maka kuat tekan ijin tiang tunggal ( $P_{ijin1}$ ) yang digunakan dalam perhitungan adalah:

$$P_{ijin1} = 160,98 \text{ T}$$

Untuk kuat tekan ijin tunggal pada beban sementara dapat dikalikan 1,5. Sehingga didapatkan  $P_{ijin2}$  adalah :

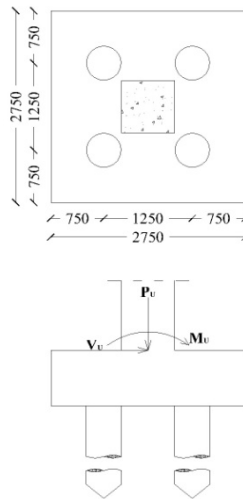
$$\begin{aligned}
 P_{ijin2} &= P_{ijin1} \cdot 1,5 \\
 &= 160,98 \text{ T} \cdot 1,5 \\
 &= 241,48 \text{ T}
 \end{aligned}$$

### 5.2.3 Perhitungan Tiang Pancang pada Pondasi Eksterior

Tiang pancang pada pondasi exterior direncanakan menggunakan tiang pancang kelompok dengan data perencanaan serta gambar sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tiang pancang, } N &= 4 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah tiang dalam baris, } m &= 2 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah tiang dalam kolom, } n &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$





**Gambar 5.2.** Potongan tiang pancang pada pondasi exterior  
 Dari nilai-nilai diatas, maka didapatkan effisiensi tiang pancang kelompok ( $E_g$ ) dan daya dukung tiang pancang kelompok ( $Q_g$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_g &= 1 - \left( \arctan \frac{D}{S} \right) \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \\
 &= 1 - \left( \arctan \frac{50\text{cm}}{125\text{cm}} \right) \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \\
 &= 0,7578
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_g &= E_g \cdot N \cdot Q_d \\
 &= 0,7578 \cdot 4 \cdot 160,98 \text{ T} \\
 &= 487,95 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Perhitungan reaksi kolom :

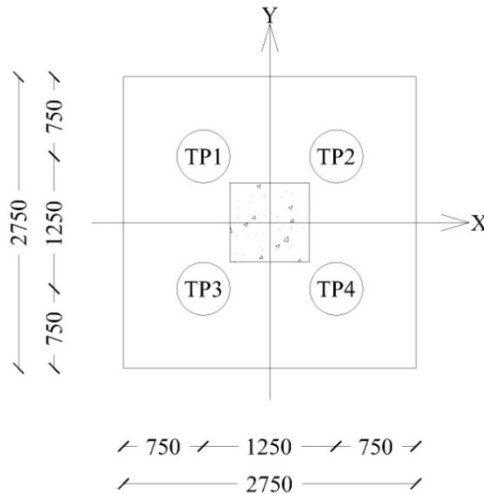
|                                         |                                          |   |             |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|---|-------------|
| $P_{U\text{maks}}$                      |                                          | = | 275695,3 kg |
| Berat poer                              | = $2400 \cdot 2,75 \cdot 2,75 \cdot 1$   | = | 18150 kg    |
| Berat pedestal                          | = $2400 \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 2,3$ | = | 3105 kg     |
| Total reaksi aksial, $P_{\text{kolom}}$ |                                          | = | 296950,3 kg |

Untuk kontroling daya dukung tiang pancang grup sebagai berikut :

$$Q_g \geq P_{kolom}$$

$$487,95 \text{ T} > 296,95 \text{ T} \quad (\text{memenuhi})$$

Untuk nilai repartisi beban-beban diatas kolom, dibutuhkan perhitungan nilai koordinat tiang pancang. Perhitungan nilai koordinat tiang pancang dibantu dengan Gambar 5.3 dan hasil dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut :



**Gambar 5.3.** Koordinat tiang pancang pada pondasi eksterior

**Tabel 5.1.** Koordinat Tiang Pancang pada Pondasi Eksterior

| Ket.     | x      | y      | $x^2$    | $y^2$    |
|----------|--------|--------|----------|----------|
| TP 1     | -0,625 | 0,625  | 0,390625 | 0,390625 |
| TP 2     | 0,625  | 0,625  | 0,390625 | 0,390625 |
| TP 3     | -0,625 | -0,625 | 0,390625 | 0,390625 |
| TP 4     | 0,625  | -0,625 | 0,390625 | 0,390625 |
| $\Sigma$ |        |        | 1,5625   | 1,5625   |

Untuk nilai aksial ultimate beban tetap ( $P_{U(D+L)}$ ) dan nilai aksial ultimate beban sementara ( $P_{U(D+L+E)}$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{U \text{ tambahan}} &= \text{Berat poer} + \text{Berat pedestal} \\ &= 2400.2,75.2,75.1 + 2400.0,75.0,75.(2+0,3) \\ &= 21255 \text{ kg} = 21,255 \text{ T} \end{aligned}$$

Untuk beban tetap (kombinasi beban D+L)

$$\begin{aligned} P_{U(D+L)} &= \frac{(P_U + P_{U \text{ tambahan}})}{N} + \frac{\sum M_x + y_{maks}}{\sum y^2} + \frac{\sum M_y + x_{maks}}{\sum x^2} \\ &= 73,61 \text{ T} \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban D+L+E<sub>x</sub>)

$$\begin{aligned} P_{U(D+L+E_x)} &= \frac{(P_U + P_{U \text{ tambahan}})}{N} + \frac{\sum M_x + y_{maks}}{\sum y^2} + \frac{\sum M_y + x_{maks}}{\sum x^2} \\ &= 157,73 \text{ T} \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban D+L+E<sub>y</sub>)

$$\begin{aligned} P_{U(D+L+E_y)} &= \frac{(P_U + P_{U \text{ tambahan}})}{N} + \frac{\sum M_x + y_{maks}}{\sum y^2} + \frac{\sum M_y + x_{maks}}{\sum x^2} \\ &= 163,33 \text{ T} \end{aligned}$$

Untuk kontroling repartisi beban-beban diatas tiang pancang sebagai berikut :

Untuk beban tetap (kombinasi beban D+L)

$$\begin{aligned} P_{ijin1} &\geq P_{U(D+L)} \\ 160,98 \text{ T} &> 73,61 \text{ T} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban D+L+E<sub>x</sub>)

$$\begin{aligned} P_{ijin2} &\geq P_{U(D+L+E_x)} \\ 241,48 \text{ T} &> 157,73 \text{ T} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban D+L+E<sub>y</sub>)

$$\begin{aligned} P_{ijin2} &\geq P_{U(D+L+E_y)} \\ 241,48 \text{ T} &> 163,33 \text{ T} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= 40. \text{diameter tulangan pancang} \\ &= 40.22 \text{ mm} \\ &= 880 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena kontroling daya dukung tiang pancang grup dan kontroling repartisi beban-beban diatas tiang pancang memenuhi, maka desain tiang pancang pada pondasi eksterior dapat digunakan.

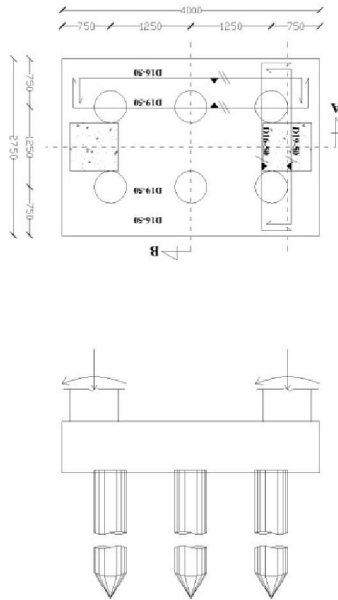
### 5.2.4 Perhitungan Tiang Pancang pada Pondasi Interior

Tiang pancang pada pondasi interior direncanakan menggunakan tiang pancang kelompok dengan data perencanaan serta gambar sebagai berikut :

Jumlah tiang pancang, N = 6 buah

Jumlah tiang dalam baris, m = 3 buah

Jumlah tiang dalam kolom, n = 2 buah



**Gambar 5.4.** Potongan tiang pancang pada pondasi interior

Dari nilai-nilai diatas, maka didapatkan efisiensi tiang pancang kelompok ( $E_g$ ) dan daya dukung tiang pancang kelompok ( $Q_g$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_g &= 1 - \left( \arctan \frac{D}{S} \right) \frac{(-1)^m + (m-1)n}{90.m.n} \\
 &= 1 - \left( \arctan \frac{50\text{cm}}{125\text{cm}} \right) \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90.3.2} \\
 &= 0,7174
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_g &= E_g \cdot N \cdot Q_d \\
 &= 0,7174 \cdot 6 \cdot 160,98 \text{ T} \\
 &= 692,93 \text{ T}
 \end{aligned}$$

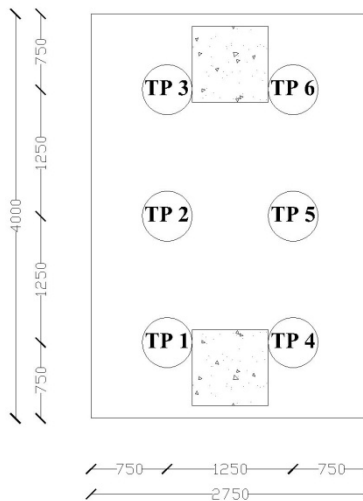
Perhitungan reaksi kolom :

$$\begin{aligned}
 P_U &= 365191,6 \text{ kg} \\
 \text{Berat poer} &= 2400 \cdot 4,2 \cdot 75,1 = 26400 \text{ kg} \\
 \text{Berat pedestal} &= 2400 \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 2,3 = 3105 \text{ kg} \\
 \text{Total reaksi aksial, } P_{\text{kolom}} &= 671975,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk kontroling daya dukung tiang pancang grup sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_g &\geq P_{\text{kolom}} \\
 695,3 \text{ T} &> 671,98 \text{ T} \quad \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Untuk nilai repartisi beban-beban diatas kolom, dibutuhkan perhitungan nilai koordinat tiang pancang. Perhitungan nilai koordinat tiang pancang dibantu dengan Gambar 5.5 dan hasil dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut :



**Gambar 5.5.** Koordinat tiang pancang pada pondasi interior

**Tabel 5.2.** Koordinat Tiang Pancang pada Pondasi Interior

| Ket.     | x      | y      | x <sup>2</sup> | y <sup>2</sup> |
|----------|--------|--------|----------------|----------------|
| TP 1     | -0,625 | -0,625 | 0,390625       | 0,390625       |
| TP 2     | -0,625 | 0      | 0,390625       | 0              |
| TP 3     | -0,625 | 0,625  | 0,390625       | 0,390625       |
| TP 4     | 0,625  | -0,625 | 0,390625       | 0,390625       |
| TP 5     | 0,625  | 0      | 0,390625       | 0              |
| TP 6     | 0,625  | 0,625  | 0,390625       | 0,390625       |
| $\Sigma$ |        |        | 2,34375        | 1,5625         |

Untuk nilai aksial ultimate beban tetap ( $P_{U(D+L)}$ ) dan nilai aksial ultimate beban sementara ( $P_{U(D+L+E)}$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{U \text{ tambahan}} &= \text{Berat poer} + \text{Berat pedestal} \\
 &= 2400.4.2,75.1 + 2400.0,75.0,75.(2+0,3) \\
 &= 29505 \text{ kg} = 29,51 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Untuk beban tetap (kombinasi beban D+L)

$$\begin{aligned}
 P_{U(D+L)} &= \frac{(P_U + P_{U \text{ tambahan}})}{N} + \frac{\Sigma M_x + y_{maks}}{\Sigma y^2} + \frac{\Sigma M_y + x_{maks}}{\Sigma x^2} \\
 &= 58,85 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban D+L+E<sub>x</sub>)

$$\begin{aligned}
 P_{U(D+L+E_x)} &= \frac{(P_U + P_{U \text{ tambahan}})}{N} + \frac{\Sigma M_x + y_{maks}}{\Sigma y^2} + \frac{\Sigma M_y + x_{maks}}{\Sigma x^2} \\
 &= 142,65 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban D+L+E<sub>y</sub>)

$$\begin{aligned}
 P_{U(D+L+E_y)} &= \frac{(P_U + P_{U \text{ tambahan}})}{N} + \frac{\Sigma M_x + y_{maks}}{\Sigma y^2} + \frac{\Sigma M_y + x_{maks}}{\Sigma x^2} \\
 &= 149,37 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Untuk kontroling repartisi beban-beban diatas tiang pancang sebagai berikut :

Untuk beban tetap (kombinasi beban D+L)

$$\begin{aligned}
 P_{ijin1} &\geq P_{U(D+L)} \\
 160,98 \text{ T} &> 58,85 \text{ T} \quad \quad \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban  $D+L+E_x$ )

$$P_{ijin2} \geq P_{U(D+L+E_x)}$$

$$241,48 \text{ T} > 142,65 \text{ T} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

Untuk beban sementara (kombinasi beban  $D+L+E_x$ )

$$P_{ijin2} \geq P_{U(D+L+E_x)}$$

$$241,48 \text{ T} > 149,37 \text{ T} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= 40 \cdot \text{diameter tulangan pancang} \\ &= 40 \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 880 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena kontroling daya dukung tiang pancang grup dan kontroling repartisi beban-beban diatas tiang pancang memenuhi, maka desain tiang pancang pada pondasi interior dapat digunakan.

### 5.3. Perhitungan Pile Cap

#### 5.3.1 Pile Cap pada Pondasi Eksterior

##### a. Data Perencanaan

Data perencanaan pile cap meliputi dimensi pile cap, dimensi tiang pancang, dimensi pedestal, mutu beton dan tulangan, dimensi tulangan rencana, serta gaya dalam yang terjadi pada pile cap. Data perencanaan pile cap pada pondasi eksterior sebagai berikut :

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Panjang pile cap, B        | : 2,75 m  |
| Lebar pile cap, L          | : 2,75 m  |
| Tebal pile cap, d          | : 1 m     |
| Tebal selimut beton, p     | : 75 mm   |
| Panjang pedestal, $B_k$    | : 750 mm  |
| Lebar pedestal, $L_k$      | : 750 mm  |
| Diameter tiang pancang, D  | : 500 mm  |
| Jumlah tiang pancang, N    | : 4 buah  |
| Mutu beton                 | : K-300   |
| $F'_c$                     | : 25 Mpa  |
| Mutu tulangan              | : BjTS 40 |
| $F_y$                      | : 400 Mpa |
| Diameter tulangan tarik, Ø | : 19 mm   |

Diameter tulangan tekan,  $\emptyset$  : 16 mm

Gaya dalam yang terjadi pada pile cap pondasi eksterior sebagai berikut :

$$P_{U\ 1,2D+1,6L} = 342,34\ T$$

$$P_{U\ D+L} = 337,94\ T$$

$$P_{U\ D+L+Ex} = 155103,11\ kg$$

$$P_{U\ D+L+Ey} = 160738,07\ kg$$

$$\begin{aligned} P_{U\ kolom} &= \frac{P_{U\ 1,2D+1,6L}}{B.L} \\ &= \frac{342,34\ T}{2,75m \cdot 2,75m} \\ &= 0,4527\ N/mm^2 \\ P_{U\ pancang} &= \frac{P_{U\ D+L}}{B.L} \\ &= \frac{337,94\ T}{2,75m \cdot 2,75m} \\ &= 0,4469\ N/mm^2 \end{aligned}$$

b. Kontrol Geser Ponds

• Kontrol geser ponds 1 arah

Perhitungan kontrol geser ponds 1 arah pada pile cap pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d' &= d - p - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \\ &= 1000\ mm - 75\ mm - \frac{1}{2} \cdot 19\ mm \\ &= 915,5\ mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L' &= (\frac{1}{2} \cdot B) - (\frac{1}{2} \cdot B_k) - d' \\ &= (\frac{1}{2} \cdot 2750mm) - (\frac{1}{2} \cdot 2750mm) - 915,5mm \\ &= 84,5\ mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_U &= P_{U\ kolom} \cdot B \cdot L' \\ &= 0,4527\ N/mm^2 \cdot 2750\ mm \cdot 84,5\ mm \\ &= 105192,6\ N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{F'_c} \cdot B \cdot d' \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{25\ Mpa} \cdot 2750mm \cdot 915,5mm \\ &= 2139981,25\ N \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi \cdot V_c \\ 105192,6\ N &\leq 0,75 \cdot 2139981,25\ N \\ 105192,6\ N &< 1604985,94\ N \quad \text{(memenuhi)} \end{aligned}$$



• Kontrol geser ponds 2 arah akibat kolom

Perhitungan kontrol geser ponds 2 arah akibat kolom pada pile cap pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_t &= (B.L) - ((B_k+d').(L_k+d')) \\ &= (2750.2750) - ((750+915,5)(750+915,5)) \\ &= 4788609,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_U &= P_{U \text{ kolom}} \cdot A_t \\ &= 0,4527 \text{ N/mm}^2 \cdot 4788609,75 \text{ mm}^2 \\ &= 2167730,15 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= B_k/L_k \\ &= 750\text{mm}/750\text{mm} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2.(B_k+L_k)+4d' \\ &= 2.(750\text{mm}+750\text{mm}) + 4.915,5\text{mm} \\ &= 6662 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a_s = 40 \text{ (karena kolom berada ditengah)}$$

$$\begin{aligned} V_{c \text{ pers1}} &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\ &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 6662 \cdot 915,5 \\ &= 15552605,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c \text{ pers2}} &= 0,083 \cdot \left(\frac{a_s \cdot d'}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\ &= 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 915,5}{6662} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 6662 \cdot 915,5 \\ &= 18975348,78 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c \text{ pers3}} &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\ &= 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 6662 \cdot 915,5 \\ &= 10063450,65 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers1}} \\ 2167730,15 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 15552605,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2167730,15 \text{ N} < 11664454 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

$$V_U \leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 2}$$

$$2167730,15 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 18975348,78 \text{ N}$$

$$2167730,15 \text{ N} < 14231512 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

$$V_U \leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 3}$$

$$2167730,15 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 10063450,65 \text{ N}$$

$$2167730,15 \text{ N} < 7547588 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol geser pons 2 arah akibat tiang pancang  
Perhitungan kontrol geser pons 2 arah akibat kolom pada pile cap pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_t &= (B.L) - (0,25 \cdot \pi \cdot (d_{\text{pancang}} + d')^2) \\ &= (2750 \cdot 2750) - (0,25 \cdot \pi \cdot (500 + 915,5)^2) \\ &= 5988844,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_U &= P_{U \text{ pancang}} \cdot A_t \\ &= 0,4469 \text{ N/mm}^2 \cdot 5988844,63 \text{ mm}^2 \\ &= 2676169,74 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= B_k / L_k \\ &= 750 \text{ mm} / 750 \text{ mm} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \pi \cdot (d_{\text{pancang}} + d') \\ &= \pi \cdot (500 \text{ mm} + 915,5 \text{ mm}) \\ &= 4446,92 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a_s = 40 \text{ (karena kolom berada ditengah)}$$

$$\begin{aligned} V_{c \text{ pers } 1} &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\ &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 4446 \cdot 915,5 \\ &= 10381456,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c \text{ pers } 2} &= 0,083 \cdot \left(\frac{a_s \cdot d'}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\ &= 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 715,5}{3819} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 4446 \cdot 915,5 \end{aligned}$$

$$= 17292190,36 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{c \text{ pers } 3} &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\ &= 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 4446 \cdot 915,5 \\ &= 6717412,83 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontroling :

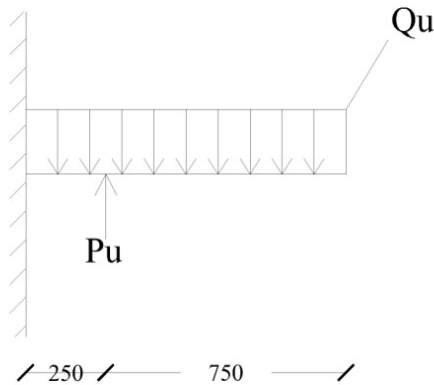
$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 1} \\ 2676169,74 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 10381456,2 \text{ N} \\ 2676169,74 \text{ N} &< 7786092,14 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \\ V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 2} \\ 2676169,74 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 17292190,36 \text{ N} \\ 2676169,74 \text{ N} &< 12969142 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \\ V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 3} \\ 2676169,74 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 6717412,83 \text{ N} \\ 2676169,74 \text{ N} &< 5038059,62 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Tulangan Pile Cap

• Penulangan pile cap arah x

Perhitungan gaya dalam pile cap arah x pada pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned} dx &= d - p - (1/2 \cdot \emptyset) \\ &= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - (1/2 \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 915,5 \text{ mm} \\ b_1 &= (1/2 \cdot B) - (1/2 \cdot B_k) \\ &= (1/2 \cdot 2750 \text{ mm}) - (1/2 \cdot 750 \text{ mm}) \\ &= 1000 \text{ mm} \\ b_2 &= \text{Jarak tepi tiang pancang} \\ &= 750 \text{ mm} \\ b_3 &= b_1 - b_2 \\ &= 1000 \text{ mm} - 750 \text{ mm} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$



**Gambar 5.6.** Mekanika teknik pada pile cap eksterior arah x

$$\begin{aligned} Q_U &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 6600 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= P_{U \text{ D+L+Ex}} \\ &= 157729,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= -(Q_U \cdot \frac{1}{2} \cdot b_1) + (P_U \cdot b_3) \\ &= -(6600 \text{ kg/m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ m}) + (157729,22 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ m}) \\ &= 361323053 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan pile cap arah x adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_U}{\phi} \\ &= \frac{361323053 \text{ N.mm}}{0,8} \\ &= 451653816 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{451653816 \text{ N.mm}}{2750 \text{ mm} \cdot (915,5 \text{ mm})^2} \\ &= 0,1960 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot F'c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 18,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18,82} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,1960}{400}} \right] \\
 &= 0,0005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot F_c' \cdot \beta}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{F_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \cdot 0,0271 \\
 &= 0,0203
 \end{aligned}$$

karena  $\rho < \rho_{\text{min}}$ , maka diambil nilai :

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot B \cdot d_x \\
 &= 0,0035 \cdot 2750 \cdot 915,5 \\
 &= 8811,69 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2750}{8811,69} \\
 &= 88,49 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &= 50 \text{ mm} \\
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2750}{50} \\
 &= 15594 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

kontrolling :

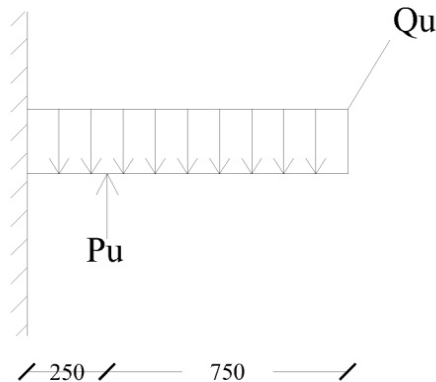
$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai}} &\leq S_{\text{max}} \\
 50 \text{ mm} &\leq 2 \cdot d \\
 50 \text{ mm} &< 2000 \text{ mm} && \textbf{(memenuhi)} \\
 A_{s \text{ perlu}} &\leq A_{s \text{ pakai}} \\
 8811,69 \text{ mm}^2 &< 15594 \text{ mm}^2 && \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Karena kontrolling penulangan pile cap arah x pada pondasi eksterior memenuhi, maka desain penulangan dapat digunakan.

- Penulangan pile cap arah y  
Perhitungan gaya dalam pile cap arah y pada pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_y &= d - p - \emptyset - (\frac{1}{2} \cdot \emptyset) \\
 &= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\
 &= 896,5 \text{ mm} \\
 b_1 &= (\frac{1}{2} \cdot L) - (\frac{1}{2} \cdot L_k) \\
 &= (\frac{1}{2} \cdot 2750 \text{ mm}) - (\frac{1}{2} \cdot 750 \text{ mm}) \\
 &= 1000 \text{ mm} \\
 b_2 &= \text{Jarak tepi tiang pancang} \\
 &= 750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_3 &= b_1 - b_2 \\
 &= 1000 \text{ mm} - 750 \text{ mm} \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 5.7.** Mekanika teknik pada pile cap eksterior arah y

$$\begin{aligned}
 Q_U &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 6600 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_U &= P_{U \text{ D+L+Ey}} \\
 &= 163330,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= -(Q_U \cdot \frac{1}{2} \cdot b_1) + (P_U \cdot b_3) \\
 &= -(6600 \text{ kg/m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ m}) + (163330,5 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ m}) \\
 &= 375326202,5 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan pile cap arah y adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_U}{\phi} \\
 &= \frac{375326202,5 \text{ N.mm}}{0,8} \\
 &= 469157753 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{469157753 \text{ N.mm}}{2750 \text{ mm} \cdot (896,5 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,2123 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot F'_c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 18,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18,82} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,2123}{400}} \right] \\
 &= 0,0009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot F'_c \cdot \beta}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{F_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \cdot 0,0271 \\
 &= 0,0203
 \end{aligned}$$

karena  $\rho < \rho_{\text{min}}$ , maka diambil nilai :

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$$



$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot B \cdot d_y \\
 &= 0,035 \cdot 2750 \cdot 896,5 \\
 &= 8628,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

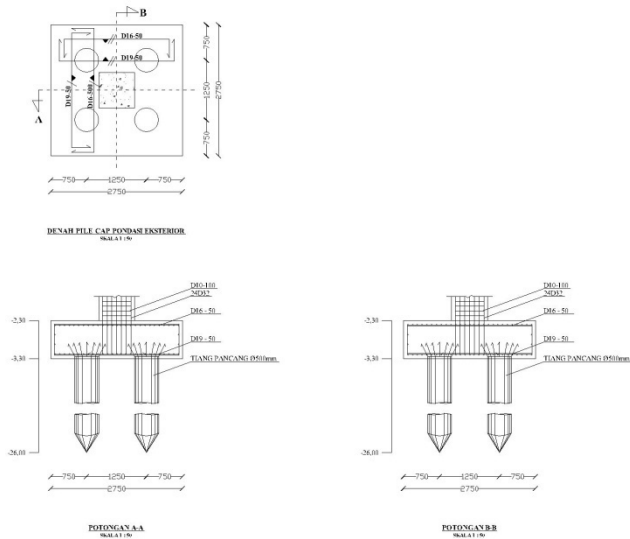
$$\begin{aligned}
 s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2750}{8628,81} \\
 &= 90,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\text{pakai}} &= 50 \text{ mm} \\
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2750}{50} \\
 &= 15594,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

kontrolling :

$$\begin{array}{llll}
 s_{\text{pakai}} & \leq & s_{\text{max}} & \\
 50 \text{ mm} & \leq & 2 \cdot d & \\
 50 \text{ mm} & < & 2000 \text{ mm} & \textbf{(memenuhi)} \\
 A_{s \text{ perlu}} & \leq & A_{s \text{ pakai}} & \\
 8628,81 \text{ mm}^2 & < & 15594,08 \text{ mm}^2 & \textbf{(memenuhi)}
 \end{array}$$

Karena kontrolling penulangan pile cap arah y pada pondasi eksterior memenuhi, maka desain penulangan dapat digunakan.



**Gambar 5.8.** Penulangan pile cap pada pondasi eksterior

### 5.3.2 Pile Cap pada Pondasi Interior

#### a. Data Perencanaan

Data perencanaan pile cap meliputi dimensi pile cap, dimensi tiang pancang, dimensi pedestal, mutu beton dan tulangan, dimensi tulangan rencana, serta gaya dalam yang terjadi pada pile cap. Data perencanaan pile cap pada pondasi interior sebagai berikut :

|                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| Panjang pile cap, B              | : 2,75 m |
| Lebar pile cap, L                | : 4 m    |
| Tebal pile cap, d                | : 1 m    |
| Tebal selimut beton, p           | : 75 mm  |
| Panjang pedestal, B <sub>k</sub> | : 750 mm |
| Lebar pedestal, L <sub>k</sub>   | : 750 mm |
| Diameter tiang pancang, D        | : 500 mm |
| Jumlah tiang pancang, N          | : 6 buah |
| Mutu beton                       | : K-300  |
| F' <sub>c</sub>                  | : 25 Mpa |

Mutu tulangan : BjTS 40

$F_y$  : 400 Mpa

Diameter tulangan tarik,  $\emptyset$  : 19 mm

Diameter tulangan tekan,  $\emptyset$  : 16 mm

Gaya dalam yang terjadi pada pile cap pondasi interior sebagai berikut :

$$P_{U\ 1,2D+1,6L} = 863,08\ T$$

$$P_{U\ D+L} = 647,18\ T$$

$$P_{U\ D+L+Ex} = 671975,23\ kg$$

$$P_{U\ D+L+Ey} = 729585,24\ kg$$

$$\begin{aligned} P_{U\ kolom} &= \frac{P_{U\ 1,2D+1,6L}}{B.L} \\ &= \frac{863,08\ T}{4m.2,75m} \\ &= 0,7846\ N/mm^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{U\ pancang} &= \frac{P_{U\ D+L}}{B.L} \\ &= \frac{647,18\ T}{4m.2,75m} \\ &= 0,5883\ N/mm^2 \end{aligned}$$

b. Kontrol Geser Ponds

• Kontrol geser ponds 1 arah

Perhitungan kontrol geser ponds 1 arah pada pile cap pondasi interior sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d' &= d - p - \frac{1}{2}.\emptyset \\ &= 1000\ mm - 75\ mm - \frac{1}{2}.19\ mm \\ &= 915,5\ mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L' &= (\frac{1}{2}.B) - (\frac{1}{2}.B_k) - d' \\ &= (\frac{1}{2}.4000mm) - (\frac{1}{2}.750mm) - 915,5mm \\ &= 709,5\ mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_U &= P_{U\ kolom} \cdot B \cdot L' \\ &= 0,7846\ N/mm^2 \cdot 4000\ mm \cdot 709,5\ mm \\ &= 2226768,79\ N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{F'c} \cdot B \cdot d' \\
 &= 0,17 \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 4000\text{mm} \cdot 915,5\text{mm} \\
 &= 3112700 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 V_U &\leq \phi \cdot V_c \\
 2226768,79 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 3112700 \text{ N} \\
 2226768,79 \text{ N} &< 2334525 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

• Kontrol geser ponds 2 arah akibat kolom

Perhitungan kontrol geser ponds 2 arah akibat kolom pada pile cap pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (B \cdot L) - ((B_k + d') \cdot (L_k + d')) \\
 &= (4000 \cdot 2750) - ((750 + 915,5)(750 + 915)) \\
 &= 8226109,75\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_U &= P_{U \text{ kolom}} \cdot A_t \\
 &= 0,7846 \text{ N/mm}^2 \cdot 8226109,75\text{mm}^2 \\
 &= 6454420,18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= B_k / L_k \\
 &= 750\text{mm} / 750\text{mm} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= 2 \cdot (B_k + L_k) + 4d' \\
 &= 2 \cdot (750\text{mm} + 750\text{mm}) + 4 \cdot 915,5\text{mm} \\
 &= 6600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$a_s = 40 \text{ (karena kolom berada ditengah)}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c \text{ pers1}} &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\
 &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 6600 \cdot 915,5 \\
 &= 15552605 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c \text{ pers}2} &= 0,083. \left( \frac{a_s \cdot d'}{b_o} + 2 \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\
 &= 0,083. \left( \frac{40.915,5}{6600} + 2 \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 6600 \cdot 915,5 \\
 &= 18975348 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c \text{ pers}3} &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot b_o \cdot d' \\
 &= 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 6600 \cdot 915,5 \\
 &= 10063450,65 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 1} \\
 6454420,18 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 15552605 \text{ N} \\
 6454420,18 \text{ N} &< 11664454,16 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 2} \\
 6454420,18 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 18975348 \text{ N} \\
 6454420,18 \text{ N} &< 14231511,58 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 V_U &\leq \phi \cdot V_{c \text{ pers } 3} \\
 6454420,18 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 10063450,65 \text{ N} \\
 6454420,18 \text{ N} &< 7547587,98 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol geser pons 2 arah akibat tiang pancang  
Perhitungan kontrol geser ponds 2 arah akibat kolom pada pile cap pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (B \cdot L) - (0,25 \cdot \pi \cdot (d_{\text{pancang}} + d')) \\
 &= (4000 \cdot 2750) - (0,25 \cdot \pi \cdot (500 + 915,5)) \\
 &= 9426344,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_U &= P_{U \text{ pancang}} \cdot A_t \\
 &= 0,3829 \text{ N/mm}^2 \cdot 9426344,62 \text{ mm}^2 \\
 &= 5545956,01 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= B_k / L_k \\
 &= 750 \text{ mm} / 750 \text{ mm} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= \pi.(d_{\text{pancang}} + d') \\
 &= \pi.(500 \text{ mm} + 915,5 \text{ mm}) \\
 &= 6600 \text{ mm} \\
 a_s &= 40 \text{ (karena kolom berada ditengah)} \\
 V_{c \text{ pers1}} &= 0,17. \left(1 + \frac{2}{\beta}\right). \lambda. \sqrt{F'c}. b_o. d' \\
 &= 0,17. \left(1 + \frac{2}{1}\right). 1. \sqrt{25}. 6600. 915,5 \\
 &= 10381456,18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c \text{ pers2}} &= 0,083. \left(\frac{a_s.d'}{b_o} + 2\right). \lambda. \sqrt{F'c}. b_o. d' \\
 &= 0,083. \left(\frac{40.915,5}{6600} + 2\right). 1. \sqrt{25}. 6600. 915,5 \\
 &= 17292190,36 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c \text{ pers3}} &= 0,33. \lambda. \sqrt{F'c}. b_o. d' \\
 &= 0,33. 1. \sqrt{25}. 6600. 915,5 \\
 &= 6717412,82 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

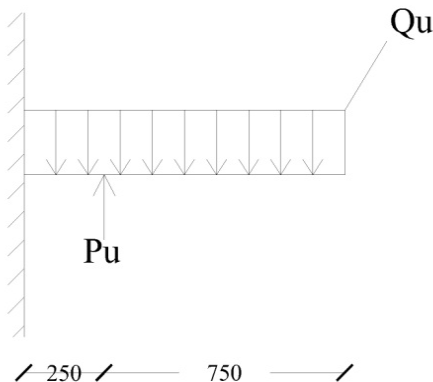
$$\begin{aligned}
 V_U &\leq \phi. V_{c \text{ pers 1}} \\
 5545956,01 \text{ N} &\leq 0,75. 10381456,18 \text{ N} \\
 5545956,01 \text{ N} &< 11664454,16 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 V_U &\leq \phi. V_{c \text{ pers 2}} \\
 5545956,01 \text{ N} &\leq 0,75. 17292190,36 \text{ N} \\
 5545956,01 \text{ N} &< 14231511,58 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)} \\
 V_U &\leq \phi. V_{c \text{ pers 3}} \\
 5545956,01 \text{ N} &\leq 0,75. 6717412,82 \text{ N} \\
 5545956,01 \text{ N} &< 7547587,98 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

## c. Perhitungan Tulangan Pile Cap

## • Penulangan pile cap arah x

Perhitungan gaya dalam pile cap arah x pada pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 dx &= d - p - (\frac{1}{2} \cdot \emptyset) \\
 &= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\
 &= 915,5 \text{ mm} \\
 b_1 &= (\frac{1}{2} \cdot B) - (\frac{1}{2} \cdot B_k) \\
 &= (\frac{1}{2} \cdot 2750 \text{ mm}) - (\frac{1}{2} \cdot 750 \text{ mm}) \\
 &= 1000 \text{ mm} \\
 b_2 &= \text{Jarak tepi tiang pancang} \\
 &= 750 \text{ mm} \\
 b_3 &= b_1 - b_2 \\
 &= 1000 \text{ mm} - 750 \text{ mm} \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 5.9.** Mekanika teknik pada pile cap interior arah x

$$\begin{aligned}
 Q_U &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 4 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 9600 \text{ kg/m} \\
 P_U &= P_{U \text{ D+L+Ex}} \\
 &= 671975,23 \text{ kg} \\
 M_U &= -(Q_U \cdot \frac{1}{2} \cdot b_1) + (P_U \cdot b_3) \\
 &= -(9600 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,625) + (671975,23 \cdot 0,25) \\
 &= 1631938075 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan pile cap arah x adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_U}{\phi} \\ &= \frac{1631938075 \text{ N.mm}}{0,8} \\ &= 2039922593,75 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d x^2} \\ &= \frac{2039922593,75 \text{ N.mm}}{2000 \text{ mm} \cdot (915,5 \text{ mm})^2} \\ &= 0,8850 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot F'_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] \\ &= \frac{1}{18,82} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,8850}{400}} \right] \\ &= 0,0022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot F'_c \cdot \beta}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{F_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 0,0271 \\ &= 0,0203\end{aligned}$$

karena  $\rho < \rho_{\min}$ , maka diambil nilai :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{pakai}} &= 0,0035 \\ A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot B \cdot d_x \\ &= 0,035 \cdot 2000 \cdot 915,5 \\ &= 8811,68 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2000}{8811,68} \\ &= 88,48 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s_{\text{pakai}} &= 50 \text{ mm} \\ A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 2000}{50} \\ &= 15594,08 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

kontrolling :

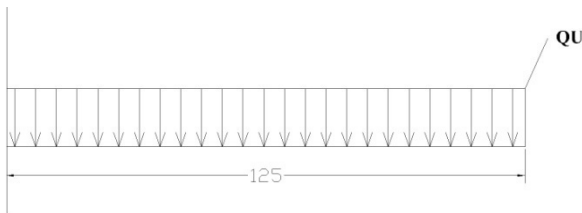
|                         |        |                          |            |
|-------------------------|--------|--------------------------|------------|
| $s_{\text{pakai}}$      | $\leq$ | $s_{\max}$               |            |
| 50 mm                   | $\leq$ | 2.d                      |            |
| 50 mm                   | $<$    | 2000 mm                  | (memenuhi) |
| $A_s \text{ perlu}$     | $\leq$ | $A_s \text{ pakai}$      |            |
| 8811,68 mm <sup>2</sup> | $<$    | 15594,08 mm <sup>2</sup> | (memenuhi) |

Karena kontroling penulangan pile cap arah x pada pondasi eksterior memenuhi, maka desain penulangan dapat digunakan.

- Penulangan pile cap arah y

Perhitungan gaya dalam pile cap arah y pada pondasi eksterior sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_y &= d - p - \emptyset - (\frac{1}{2}\emptyset) \\
 &= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\
 &= 896,5 \text{ mm} \\
 b_1 &= (\frac{1}{2} \cdot (L - 3m)) - (\frac{1}{2} \cdot L_k) \\
 &= (\frac{1}{2} \cdot 4000 \text{ mm}) - (\frac{1}{2} \cdot 750 \text{ mm}) \\
 &= 125 \text{ mm} \\
 b_3 &= b_1 \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 5.10.** Mekanika teknik pada pile cap interior arah y

$$\begin{aligned}
 Q_U &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \\
 &= 6600 \text{ kg/m} \\
 M_U &= -(Q_U \cdot \frac{1}{2} \cdot b_1) \\
 &= -(6000 \text{ kg/m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,125 \text{ m}) \\
 &= 911465925 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan pile cap arah y adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_U}{\phi} \\
 &= \frac{911465925 \text{ N.mm}}{0,8} \\
 &= 1139332406,25 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d_y^2} \\
 &= \frac{1139332406,25 \text{ N.mm}}{4000 \text{ mm} \cdot (896,5 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,3543 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot F'_c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 18,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18,82} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,3543}{400}} \right] \\
 &= 0,0009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \cdot F'_c \cdot \beta}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{F_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \cdot 0,0271 \\
 &= 0,0203
 \end{aligned}$$

karena  $\rho < \rho_{\text{min}}$ , maka diambil nilai :

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot B \cdot d_y \\
 &= 0,035 \cdot 4000 \cdot 896,5 \\
 &= 12551 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

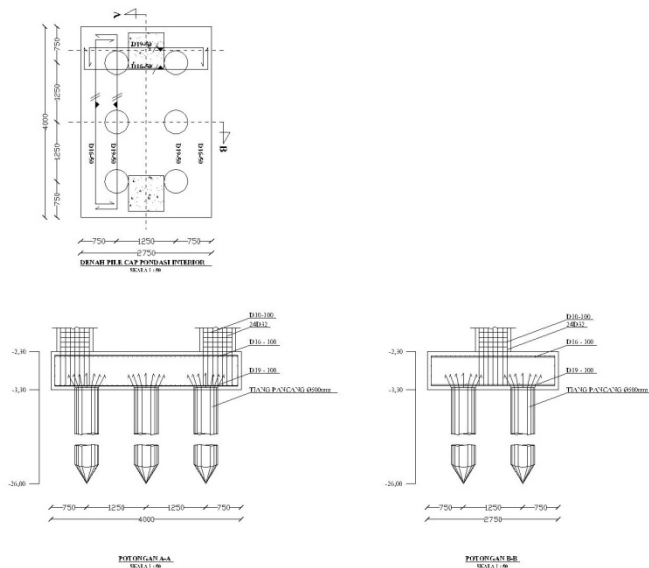
$$\begin{aligned}
 s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 4000}{12551} \\
 &= 90,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\text{pakai}} &= 50 \text{ mm} \\
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 4000}{50} \\
 &= 22682,29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

kontrolling :

|                       |        |                          |            |
|-----------------------|--------|--------------------------|------------|
| $s_{\text{pakai}}$    | $\leq$ | $s_{\text{max}}$         |            |
| 50 mm                 | $\leq$ | 2.d                      |            |
| 50 mm                 | $<$    | 2000 mm                  | (memenuhi) |
| $A_{s \text{ perlu}}$ | $\leq$ | $A_{s \text{ pakai}}$    |            |
| 12551 mm <sup>2</sup> | $<$    | 22682,29 mm <sup>2</sup> | (memenuhi) |

Karena kontrolling penulangan pile cap arah y pada pondasi eksterior memenuhi, maka desain penulangan dapat digunakan.



**Gambar 5.11.** Penulangan pile cap pada pondasi interior

## 5.4 Perhitungan Sloof

Struktur sloof digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya.

### a. Data Perencanaan Sloof

Data perencanaan pada sloof terdiri dari dimensi sloof, diameter tulangan lentur dan geser, mutu beton dan tulangan, serta gaya dalam yang terjadi. Data perencanaan sloof sebagai berikut :

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Tinggi sloof, H                      | : 500 mm                 |
| Lebar sloof, B                       | : 400 mm                 |
| Luas penampang, $A_g$                | : 200000 mm <sup>2</sup> |
| Bentang sloof, L                     | : 8 m                    |
| Tebal selimut, d                     | : 50 mm                  |
| Diameter tul.lentur, $\varnothing_1$ | : 19 mm                  |
| Diameter tul.geser, $\varnothing_2$  | : 10 mm                  |

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| Mutu beton      | : K-300   |
| F'c             | : 25 Mpa  |
| Mutu tul.lentur | : BjTS-40 |
| Fy              | : 400 Mpa |
| Mutu tul.geser  | : BjTP-24 |
| Fy              | : 240 Mpa |

Untuk gaya yang terjadi pada sloof sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{U \text{ kolom}} &= 365191,56 \text{ kg} \\
 P_U &= 36519,16 \text{ kg} \\
 \text{Berat sendiri} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot A_g \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,2 \text{ m}^2 \\
 &= 480 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat dinding} &= 60 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{tinggi lantai} \\
 &= 60 \text{ kg/m}^2 \cdot 4 \text{ m} \\
 &= 240 \text{ kg/m} \\
 q_d &= \text{Berat sendiri} + \text{Berat dinding} \\
 &= 480 \text{ kg/m} + 240 \text{ kg/m} \\
 &= 720 \text{ kg/m} \\
 Q_U &= 1,4 \cdot q_d \\
 &= 1,4 \cdot 720 \text{ kg/m} \\
 &= 1008 \text{ kg/m} \\
 V_U &= \frac{1}{2} Q_U \cdot L \\
 &= \frac{1}{2} 1008 \text{ kg/m} \cdot 8 \text{ m} \\
 &= 4032 \text{ kg} \\
 M_U &= \frac{1}{12} \cdot Q_U \cdot L^2 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1008 \text{ kg/m} \cdot (8 \text{ m})^2 \\
 &= 5376 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

## b. Kontrol Tegangan Tarik

Kontrol tegangan tarik pada sloof sebagai berikut :

$$F_r \leq F_{r \text{ ijin}}$$

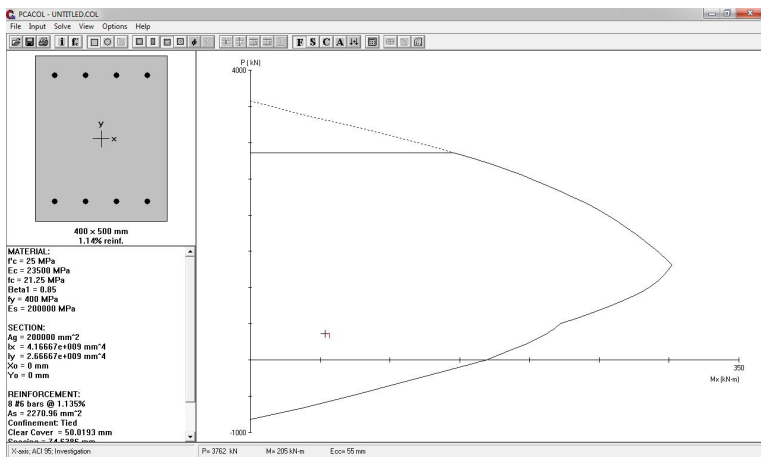
$$\frac{P_U}{\phi B \cdot H} \leq 0,7 \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$\frac{36519,16}{0,8 \cdot 400 \cdot 500} \leq 0,7 \cdot \sqrt{25}$$

$$2,28 \text{ Mpa} < 3,5 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi})$$

## c. Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk penulangan lentur pada sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur. Dengan program bantu PCACOL maka didapatkan diagram interaksi aksial vs momen seperti Gambar 5.12 berikut ini.



**Gambar 5.12.** Diagram interaksi aksial vs momen pada sloof

Dari program bantu PCACOL didapatkan nilai  $\rho = 1,135\%$  untuk tulangan atas dan bawah yang dipasang adalah 4D19. Kontrol jarak antara tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tul} &= \frac{400 - (2.50) - (2.10) - (4.19)}{3} \\ &= 68 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

## d. Perhitungan Tulangan Geser

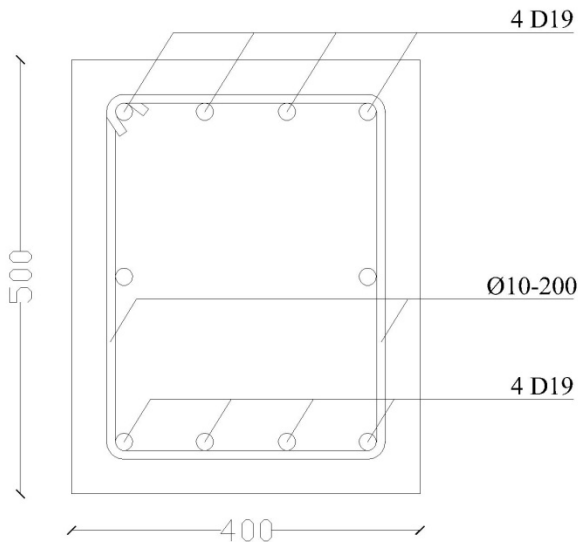
Perhitungan tulangan geser pada sloof ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d' &= 500 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} (19 \text{ mm}) \\
 &= 430,5 \text{ mm} \\
 V_c &= \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{F'c} \cdot b_w \cdot d' \\
 &= 162216,07 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned}
 V_U &\leq \phi \cdot V_c \\
 4032 \text{ kg} &\leq 0,75 \cdot 16221,61 \text{ kg} \\
 4032 \text{ kg} &< 12166,21 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $V_U < \phi \cdot V_c$ , maka tulangan geser tidak diperlukan sehingga dipasang tulangan geser praktis D10-200. Untuk gambar detail dari sloof dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut:



**Gambar 5.13.** Detail penulangan sloof



## **BAB VI**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **6.1 Umum**

Pada bab ini akan menjelaskan langkah perhitungan metode pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* agar memenuhi kriteria sesuai fungsi dan kelayakan yang dibutuhkan serta mempermudah dalam pelaksanaan bangunan gedung tersebut.

#### **6.2 Data Perencanaan**

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan metode pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* antara lain gambar-gambar dari hasil perencanaan yang telah dilampirkan pada dokumen gambar struktur.

#### **6.3 Perencanaan Site Plan**

Perencanaan site plan untuk pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* terdiri dari perencanaan jalur keluar masuk muatan, perencanaan letak *tower crane*, dan perencanaan letak *stockyard*. Spesifikasi *tower crane* yang digunakan sebagai berikut :

|                 |                                            |
|-----------------|--------------------------------------------|
| Merk            | : Tengda Group                             |
| Tipe            | : Statiniory tower crane anchoring<br>type |
| Tinggi          | : 50 meter                                 |
| Panjang lengan  | : 35 meter                                 |
| Kapasitas maks. | : 10 ton                                   |

Untuk gambar site plan telah dilampirkan pada dokumen gambar struktur.

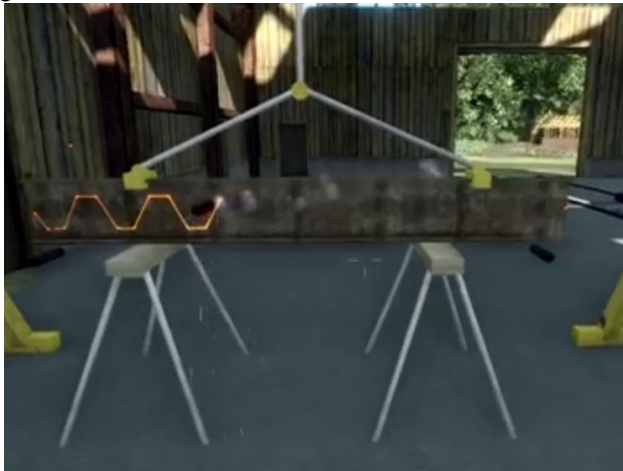
#### 6.4 Perencanaan Alur Pekerjaan

Perencanaan alur pekerjaan perlu diperhitungkan agar dalam pelaksanaan pembangunan dapat runtut dan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat. alur pekerjaan dalam pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* sebagai berikut:

##### 6.4.1 Pekerjaan Fabrikasi Profil *Honeycomb*

Pekerjaan fabrikasi profil *Honeycomb* pada gedung yang ditinjau dilakukan di tempat *workshop*. Langkah-langkah pekerjaan fabrikasi profil *Honeycomb* pada gedung yang ditinjau sebagai berikut :

- a. Profil WF dipotong dengan pola “zig-zag” seperti gambar berikut.



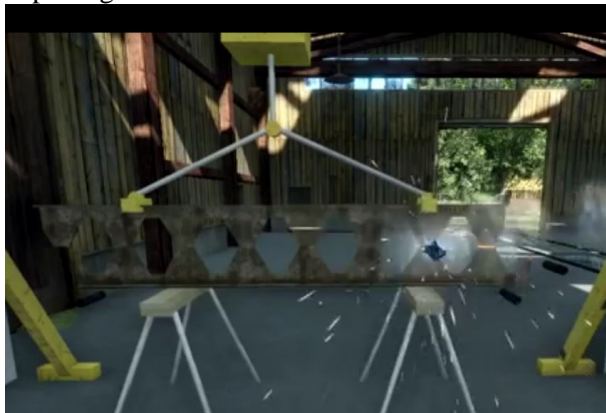
**Gambar 6.1.** Proses pemotongan dengan zig-zag profil WF

- b. Potongan profil WF diangkat dan geser hingga gigi-giginya bertemu.



**Gambar 6.2.** Proses mengangkat potongan WF atas

- c. Pada pertemuan antara gigi pada potongan WF atas dan potongan WF bawah dilas.



**Gambar 6.3.** Proses penyambungan bagian atas dan bagian bawah

- d. Setelah itu dilakukan perapian pada tepi yang tidak digunakan.



**Gambar 6.4.** Proses perapian tepi profil *Honeycomb*

#### **6.4.2 Pekerjaan Pemasangan Kolom**

Pekerjaan pemasangan kolom pada gedung yang ditinjau terdiri dari pekerjaan loading, dan pekerjaan penyambungan kolom. Langkah-langkah pekerjaan pemasangan kolom pada gedung yang ditinjau sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan kolom yang akan dipasang serta baut dan pelat sambung serta mempersiapkan alat K3 untuk tukang yang melakukan penyambungan.
- b. Kolom diangkat menggunakan tower crane pada titik pemasangan yang telah ditentukan. kolom dikaitkan dengan hook pada tower crane. Untuk gambaran pengangkatan tower crane dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.5.** Pekerjaan pengangkatan kolom

- c. Setelah tepat diatas titik yang diinginkan, dilakukan proses penyambungan menggunakan *wrench* yang telah dikaitkan dengan *torque wrench* hingga dapat dikatakan kencang. Untuk gambaran penyambungan dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.6.** Pekerjaan penyambungan kolom

- d. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan dari kolom yang dipasang dengan alat bantu *waterpas*. Apabila belum lurus maka dilakukan pengencangan baut atau pengendoran baut hingga lurus. Untuk gambaran pengecekan kelurusan dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.7.** Pengecekan kelurusan kolom

- e. Setelah dilakukan pemasangan kolom, tukang yang telah diberi kelengkapan K3 melakukan pelepasan hook pada tower crane.

#### **6.4.3 Pekerjaan Pemasangan Balok**

Pekerjaan pemasangan balok pada gedung yang ditinjau terdiri dari pekerjaan loading, pekerjaan penyambungan balok induk-kolom, dan pekerjaan penyambungan balok anak-balok induk. Langkah-langkah pekerjaan pemasangan balok pada gedung yang ditinjau sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan balok yang akan dipasang dan baut serta mempersiapkan alat K3 untuk tukang yang melakukan penyambungan.
- b. Balok diangkat menggunakan tower crane pada titik pemasangan yang telah ditentukan. Balok dikaitkan dengan hook pada tower crane. Untuk gambaran pengangkatan balok baja dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.8.** pekerjaan pengangkatan balok

- c. Setelah tepat diatas titik yang diinginkan, dilakukan proses penyambungan menggunakan *wrench* yang telah dikaitkan dengan *torque wrench* hingga dapat dikatakan kencang. Untuk gambaran penyambungan balok dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.9.** Pekerjaan penyambungan balok

- d. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan dari balok yang dipasang dengan alat bantu *waterpas*. Apabila belum lurus maka dilakukan pengencangan baut atau pengendoran baut hingga lurus.
- e. Setelah dilakukan pemasangan balok, tukang yang telah diberi kelengkapan K3 melakukan pelepasan hook pada tower crane.

#### 6.4.4 Pekerjaan Pelat Lantai

Pekerjaan pelat lantai pada gedung yang ditinjau terdiri dari pekerjaan pemasangan bondek, pekerjaan penulangan dan pekerjaan pengecoran. Langkah-langkah pekerjaan pemasangan balok pada gedung yang ditinjau sebagai berikut :

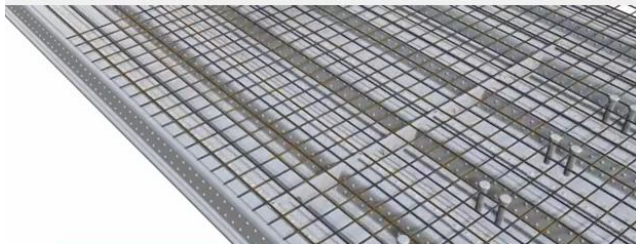
- a. Memasang bondek pada balok induk melintang menggunakan *shear connector*. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan menggunakan *waterpas*. Untuk gambaran pemasangan bondek dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.10.** Pekerjaan pemasangan bondek

- b. Setelah itu dilakukan pemberian beton tahu sesuai dengan jarak antar dasar bondek dengan tulangan negatif. Setelah diberi beton tahu, tulangan negatif ditaruh di atasnya. Untuk gambaran peletakan tulangan negatif dapat dilihat pada gambar berikut:





**Gambar 6.11.** Pekerjaan peletakan tulangan negatif

- c. Setelah itu dibuat bekisting tepi sesuai dengan ketebalan pelat yang telah direncanakan dan dilakukan pengecekan kelurusannya. Untuk gambaran pemasangan bekisting tepi sebagai berikut:



**Gambar 6.12.** Pekerjaan bekisting tepi pelat lantai

- d. Setelah itu dilakukan pekerjaan pengecoran. sebelum dilakukan pengecoran, dilakukan pembersihan area pengecoran dari material yang tidak digunakan. Setelah pembersihan dilakukan pengecekan slump. Setelah nilai slump masuk, diambil 4 sample silinder untuk dilakukan pengujian tekan di laboratorium. Setelah itu dilakukan pengecoran pelat lantai dengan bantuan *mixer truck* dan *bucket* yang diangkat

menggunakan *tower crane* diikuti pengrojokan menggunakan *vibrator*.



**Gambar 6.13.** Pekerjaan pengecoran menggunakan bucket

- e. Setelah itu dilakukan perataan pelat lantai menggunakan trowel.



**Gambar 6.14.** Pekerjaan perataan pelat lantai

- f. Setelah nilai kekuatan tekan dari pelat lantai lebih dari hasil pengujian tekan di laboratorium maka bekisting dapat dilepas.

#### **6.4.5 Pekerjaan Struktur Tangga**

Pekerjaan struktur tangga adalah tahapan dalam pembuatan struktur tangga sesuai dengan perencanaan yang telah dihasilkan meliputi pekerjaan pemasangan balok utama tangga, pekerjaan pemasangan balok

penumpu bordes, dan pekerjaan pelat tangga dan bordes. Langkah-langkah pekerjaan struktur tangga pada gedung yang ditinjau sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan balok utama tangga dan balok penumpu bordes serta baut yang digunakan untuk penyambungan.
- b. Balok penumpu bordes diangkat menggunakan tower crane pada titik pemasangan yang telah ditentukan. Balok dikaitkan dengan hook pada tower crane.
- c. Setelah tepat pada titik penyambungan, dilakukan proses penyambungan menggunakan *wrench* yang telah dikaitkan dengan *torque wrench* hingga dapat dikatakan kencang. setelah itu dilakukan cek kelurusan menggunakan *waterpas*.
- d. Balok utama tangga diangkat menggunakan tower crane pada titik pemasangan yang telah ditentukan. Balok dikaitkan dengan hook pada tower crane.
- e. Setelah tepat pada titik penyambungan, dilakukan proses penyambungan menggunakan *wrench* yang telah dikaitkan dengan *torque wrench* hingga dapat dikatakan kencang. setelah itu dilakukan cek kelurusan menggunakan *waterpas*.
- f. Setelah dilakukan pemasangan balok utama tangga dan balok penumpu bordes, dilakukan pemasangan bondek yang pada balok utama tangga menggunakan *shear connector*. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan menggunakan *waterpas*.
- g. Setelah itu dilakukan pemberian beton tahu sesuai dengan jarak antar dasar bondek dengan tulangan negatif. Setelah diberi beton tahu, tulangan negatif ditaruh diatasnya. Untuk gambaran peletakan tulangan dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 6.15.** Pekerjaan peletakan tulangan negatif tangga

- h. Setelah pemasangan tulangan negatif, dibuat bekisting tepi dan digambar ketinggian anak tangga sesuai dengan perencanaan. untuk anak tangga diberi bekisting sesuai dengan tinggi anak tangga dan dipaku pada bekisting tepi. Untuk gambaran pemaangan bekisting tangga sebagai berikut:



**Gambar 6.16.** Pekerjaan bekisting tangga

- i. Setelah itu dilakukan pekerjaan pengecoran. sebelum dilakukan pengecoran, dilakukan pembersihan area pengecoran dari material yang tidak digunakan. Setelah pembersihan dilakukan pengecekan slump. Setelah nilai slump masuk, diambil 4 sample silender untuk dilakukan pengujian tekan di laboratorium. Setelah itu dilakukan pengecoran dengan dituang dari atas tiap anak tangga. Untuk gambaran pengecoran tangga adalah sebagai berikut:



**Gambar 6.17.** Pekerjaan pengecoran tangga

- j. Setelah nilai kekuatan tekan dari pelat lantai lebih dari hasil pengujian tekan di laboratorium maka bekisting dapat dilepas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB VII PENUTUP

### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan struktur dan metode pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* sebagai berikut:

#### a. Struktur atas

- Perhitungan pelat lantai
  - Pelat lantai atap
    - Tebal = 9 cm
    - Tulangan negatif = wiremesh M5-150
  - Pelat lantai 2-10
    - Tebal = 9 cm
    - Tulangan negatif = wiremesh M5-150
- Perhitungan balok anak
  - Balok anak atap = WF 300.150.6,5.9
  - Balok anak lantai 2-10 = WF 400.200.8.13
- Perhitungan struktur tangga
  - Pelat tangga
    - Tebal = 9 cm
    - Tulangan negatif = wiremesh M5-150
  - Pelat bordes
    - Tebal = 9 cm
    - Tulangan negatif = wiremesh M5-150
  - Balok utama tangga = WF 300.150.6,5.9
  - Balok penumpu bordes = WF 300.150.6,5.9
- Perhitungan balok penumpu lift
  - Balok penumpu lift = WF 300.150.6,5.9
- Perhitungan balok induk
  - Balok induk melintang lt.atap = HC 375.150.6,5.9
  - Balok induk memanjang lt.atap = HC 375.150.6,5.9
  - Balok induk melintang lt.2-10 = HC 400.200.8.13
  - Balok induk memanjang lt.2-10 = HC 400.200.8.13

- Perhitungan kolom
  - Kolom lantai 6-10 = KC 450.300.11.18
  - Kolom lantai 1-5 = KC 500.300.11.18

b. Struktur bawah

- Perhitungan tiang pancang
  - Pondasi eksterior
    - Diameter tiang pancang = 500 mm
    - Tipe = A1
    - Kedalaman tiang pancang = - 26,00 m
    - Jumlah tiang pancang = 4 buah
  - Pondasi interior
    - Diameter tiang pancang = 500 mm
    - Tipe = A1
    - Kedalaman tiang pancang = - 26,00 m
    - Jumlah tiang pancang = 6 buah
- Perhitungan pile cap
  - Pondasi eksterior
    - Panjang = 2,75 m
    - Lebar = 2,75 m
    - Tinggi = 0,8 m
    - Tulangan tarik arah x = D19-100
    - Tulangan tekan arah x = D16-100
    - Tulangan tarik arah y = D19-100
    - Tulangan tekan arah y = D16-100
  - Pondasi interior
    - Panjang = 4,00 m
    - Lebar = 2,75 m
    - Tinggi = 0,8 m
    - Tulangan tarik arah x = D19-100
    - Tulangan tekan arah x = D16-100
    - Tulangan tarik arah y = D19-100
    - Tulangan tekan arah y = D16-100



- Perhitungan sloof
 

|                |             |
|----------------|-------------|
| Lebar          | = 400 mm    |
| Tinggi         | = 500 mm    |
| Tulangan utama | = 8 D19     |
| Tulangan geser | = D10 - 200 |
- c. Metode pelaksanaan
  - Metode pelaksanaan yang dihasilkan dari perhitungan bangunan gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya yang telah dimodifikasi menggunakan konstruksi baja sistem rangka pemikul momen khusus dengan balok *Honeycomb* terdiri dari pekerjaan fabrikasi profil Honeycomb, pekerjaan pemasangan kolom, pekerjaan pemasangan balok, pekerjaan pelat lantai, dan pekerjaan struktur tangga. Metode pelaksanaan yang telah diperhitungkan agar mendapatkan hasil optimal sesuai dengan perencanaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Amayreh, L dan M. P. Saka 2005. "Failure Load Prediction Of Castellated Beams Using Artificial Neural Networks". *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)* Vol 6:35-54. Bahrain: Department of Civil Engineering University of Bahrain.
- American Society Civil Engineering, 1992. "Proposed Spesification For Structural Steel Beams With Web Openings". *Journal of Structural Engineering*, Vol 118, No 12.
- American Institute of Steel Construction. 2011. *Design Examples Version 14.1*. United States of America: AISC.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 1726 – 2012)*. Bandung: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 – 2013)*. Bandung: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan gedung (SNI 03 – 1729 – 2015 )*. Bandung: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga penyelidikan Masalah Bangunan.
- Dermirdjian, Sevak. 1999. *Stability of Castellated Beam Webs*. Montreal, Canada: Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, Mc Gill University.

Megharief, J. D. 1997. *Behavior of Composite Castellated Beams*. Montreal, Canada: Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, Mc Gill University.

## **LAMPIRAN**





TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG PANEL BONDEK PERLEBAR 1000 MM

| Tebal Pelat<br>Base steel<br>thickness | Berat per<br>satuan luas<br>Mass per unit<br>area | Luas<br>penampang<br>Cross section<br>area | Penampang<br>efektif penuh<br>For fully<br>effective section |          | Momen lentur positif<br>Positive bending moment<br><br>Dek tertarik<br>Pan in tension |                                          |                                          | Momen lentur negatif<br>Negative bending moment<br><br>Dek tertekan<br>Pan in compression |                                          |                                          | Ie<br><br>10 <sup>6</sup> x mm <sup>4</sup> | Gaya reaksi aman<br>untuk perletakan tepi<br>Safe end reaction |                                                        |           | Gaya reaksi aman<br>untuk perletakan tengah<br>Safe internal reaction |                                                        |           |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------|
|                                        |                                                   |                                            | Yc<br>mm                                                     | Yt<br>mm | Ip<br>10 <sup>6</sup> x mm <sup>4</sup>                                               | Zpc<br>10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup> | Zpt<br>10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup> | In<br>10 <sup>6</sup> x mm <sup>4</sup>                                                   | Znc<br>10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup> | Znt<br>10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup> |                                             | 10 mm<br>perletakan<br>10 mm of<br>bearing<br>KN               | Pertambahan<br>per 10 mm<br>Increm. per<br>10 mm<br>KN | Max<br>KN | 10 mm<br>perletakan<br>10 mm of<br>bearing<br>KN                      | Pertambahan<br>per 10 mm<br>Increm. per<br>10 mm<br>KN | Max<br>KN |
|                                        |                                                   |                                            |                                                              |          |                                                                                       |                                          |                                          |                                                                                           |                                          |                                          |                                             |                                                                |                                                        |           |                                                                       |                                                        |           |
| mm                                     | kg / m <sup>2</sup>                               | mm <sup>2</sup>                            |                                                              |          |                                                                                       |                                          |                                          |                                                                                           |                                          |                                          |                                             |                                                                |                                                        |           |                                                                       |                                                        |           |
| 0.75                                   | 10.1                                              | 1241                                       | 38.6                                                         | 15.4     | 0.511                                                                                 | 13.15                                    | 33.14                                    | 0.309                                                                                     | 10.21                                    | 10.73                                    | 0.425                                       | 3.76                                                           | 0.99                                                   | 8.11      | 15.01                                                                 | 1.14                                                   | 19.19     |

Catatan :  
Notes

Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif  
second moment of area of panel profile for positive moment regions

In = i d e m untuk daerah momen negatif  
i d e m for negative moment regions

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)  
resistant moment, top of rib negative moment regions (tensile stress)

Znc = i d e m dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)  
i d e m bottom pan negative moment regions (compressive stress)

Zpc = i d e m puncak rusuk dalam daerah momen positif (tegangan tekan)  
i d e m top of rib positive moment regions (compressive stress)

Zpt = i d e m dasar dek dalam daerah momen positif (tegangan tarik)  
i d e m bottom pan, positive moment regions (tensile stress)

le = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus  
equivalent second moment of area for multiple span deflection calculations.

= Ip (1,26 - 0,26 Ip/In)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

TABLE 2 : PRACTICAL DESIGN TABLE

| BONDEK<br>0,75 MM                            |                      | BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF<br>SIMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    | BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF<br>DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    | BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF<br>MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |    |      |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----|------|--|--|--|--|--|
| BEBAN BERGUNA<br>SUPER IMPOSED LOAD<br>KG/M2 |                      | 200                                                                                            | 300                                | 400                                | 500                                | 600                                | 750                                | 1000                               | 200                                | 300                                                                                         | 400                                | 500                                  | 600                                | 750                                  | 1000                               | 200                                  | 300                                | 400                                  | 500                                | 600                                  | 750                                | 1000                                 |                                    |                                      |                                    |                                                                                                 |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |    |      |  |  |  |  |  |
| TIANG<br>PENYANGGA<br>PROPPING               | BENTANG<br>SPAN<br>M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM                                                             | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M                                                        | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M                                                            | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M | TEBAL PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>NEG. REINF.<br>CM²/M |    |      |  |  |  |  |  |
| TANPA<br>PENYANGGA<br>NO. PROPS              | 1.50                 | 9                                                                                              | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 0.75                                                                                        | 9                                  | 0.91                                 | 9                                  | 1.07                                 | 9                                  | 1.24                                 | 9                                  | 1.40                                 | 9                                  | 1.66                                 | 9                                  | 2.08                                 | 9                                  | 0.59                                 | 9                                  | 0.73                                                                                            | 9                                  | 0.85                                 | 9                                  | 0.98                                 | 9                                  | 1.11                                 | 9                                  | 1.31                                 | 9  | 1.65 |  |  |  |  |  |
|                                              | 1.75                 | 9                                                                                              | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 10                                 | 9                                  | 1.03                                                                                        | 9                                  | 1.25                                 | 9                                  | 1.48                                 | 9                                  | 1.71                                 | 9                                  | 1.94                                 | 9                                  | 2.29                                 | 10                                 | 2.53                                 | 9                                  | 0.81                                 | 9                                  | 0.99                                                                                            | 9                                  | 1.17                                 | 9                                  | 1.35                                 | 9                                  | 1.53                                 | 9                                  | 1.81                                 | 10 | 2.00 |  |  |  |  |  |
|                                              | 2.00                 | 9                                                                                              | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 10                                 | 9                                  | 1.36                                                                                        | 9                                  | 1.65                                 | 9                                  | 1.95                                 | 9                                  | 2.26                                 | 9                                  | 2.57                                 | 9                                  | 3.04                                 | 10                                 | 3.35                                 | 9                                  | 1.07                                 | 9                                  | 1.31                                                                                            | 9                                  | 1.55                                 | 9                                  | 1.79                                 | 9                                  | 2.03                                 | 9                                  | 2.39                                 | 10 | 2.65 |  |  |  |  |  |
|                                              | 2.25                 | 9                                                                                              | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 10                                 | 11                                 | 9                                  | 1.73                                                                                        | 9                                  | 2.12                                 | 9                                  | 2.50                                 | 9                                  | 2.90                                 | 9                                  | 3.29                                 | 9                                  | 3.89                                 | 11                                 | 3.85                                 | 9                                  | 1.37                                 | 9                                  | 1.68                                                                                            | 9                                  | 1.96                                 | 9                                  | 2.30                                 | 9                                  | 2.60                                 | 9                                  | 3.08                                 | 11 | 3.04 |  |  |  |  |  |
|                                              | 2.50                 | 9                                                                                              | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 9                                  | 10                                 | 14                                 | 9                                  | 2.16                                                                                        | 9                                  | 2.65                                 | 9                                  | 3.13                                 | 9                                  | 3.62                                 | 9                                  | 4.11                                 | 10                                 | 4.29                                 | 14                                 | 3.69                                 | 9                                  | 1.71                                 | 9                                  | 2.09                                                                                            | 9                                  | 2.48                                 | 9                                  | 2.86                                 | 9                                  | 3.25                                 | 10                                 | 3.39                                 | 14 | 2.92 |  |  |  |  |  |
| SATU BARIS<br>PENYANGGA<br>ONE ROW<br>PROPS  | 2.75                 | 10                                                                                             | 10                                 | 10                                 | 10                                 | 11                                 | 12                                 | 15                                 | 9                                  | 2.64                                                                                        | 9                                  | 3.24                                 | 9                                  | 3.83                                 | 10                                 | 3.94                                 | 11                                 | 4.02                                 | 12                                 | 4.29                                 | 15                                 | 4.23                                 | 9                                  | 2.09                                 | 9                                  | 2.25                                                                                            | 9                                  | 3.02                                 | 10                                 | 3.11                                 | 11                                 | 3.18                                 | 12                                 | 3.39                                 | 15 | 3.33 |  |  |  |  |  |
|                                              | 3.00                 | 10                                                                                             | 10                                 | 10                                 | 11                                 | 12                                 | 13                                 |                                    | 9                                  | 3.17                                                                                        | 9                                  | 3.87                                 | 10                                 | 4.10                                 | 11                                 | 4.28                                 | 12                                 | 4.41                                 | 13                                 | 4.74                                 |                                    |                                      | 9                                  | 2.51                                 | 9                                  | 3.07                                                                                            | 10                                 | 3.25                                 | 11                                 | 3.38                                 | 12                                 | 3.49                                 | 13                                 | 3.75                                 |    |      |  |  |  |  |  |
|                                              | 3.25                 | 11                                                                                             | 11                                 | 11                                 | 12                                 | 13                                 | 14                                 |                                    | 10                                 | 3.41                                                                                        | 10                                 | 4.13                                 | 10                                 | 4.87                                 | 12                                 | 4.65                                 | 13                                 | 4.83                                 | 14                                 | 5.22                                 |                                    |                                      | 10                                 | 2.70                                 | 10                                 | 3.27                                                                                            | 10                                 | 3.84                                 | 12                                 | 3.67                                 | 13                                 | 3.82                                 | 14                                 | 4.12                                 |    |      |  |  |  |  |  |
|                                              | 3.50                 | 12                                                                                             | 12                                 | 12                                 | 12                                 | 13                                 | 15                                 |                                    | 11                                 | 3.68                                                                                        | 11                                 | 4.42                                 | 11                                 | 5.18                                 | 12                                 | 5.44                                 | 13                                 | 5.64                                 | 15                                 | 5.71                                 |                                    |                                      | 11                                 | 2.90                                 | 11                                 | 3.49                                                                                            | 11                                 | 4.09                                 | 12                                 | 4.29                                 | 13                                 | 4.46                                 | 15                                 | 4.51                                 |    |      |  |  |  |  |  |
|                                              | 3.75                 | 13                                                                                             | 13                                 | 13                                 | 13                                 | 14                                 |                                    |                                    | 11                                 | 4.25                                                                                        | 11                                 | 5.11                                 | 11                                 | 5.99                                 | 13                                 | 5.83                                 | 14                                 | 6.09                                 |                                    |                                      |                                    |                                      | 11                                 | 3.36                                 | 11                                 | 4.04                                                                                            | 11                                 | 4.73                                 | 13                                 | 4.61                                 | 14                                 | 4.81                                 |                                    |                                      |    |      |  |  |  |  |  |
| DUA BARIS<br>PENYANGGA<br>TWO ROW<br>PROPS   | 4.00                 | 14                                                                                             | 14                                 | 14                                 | 14                                 | 15                                 |                                    |                                    | 12                                 | 4.55                                                                                        | 12                                 | 5.43                                 | 12                                 | 6.33                                 | 14                                 | 6.24                                 | 15                                 | 6.55                                 |                                    |                                      |                                    |                                      | 12                                 | 3.59                                 | 12                                 | 4.28                                                                                            | 12                                 | 4.99                                 | 14                                 | 4.93                                 | 15                                 | 5.17                                 |                                    |                                      |    |      |  |  |  |  |  |
|                                              | 4.50                 |                                                                                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    | 13                                 | 5.49                                                                                        | 13                                 | 6.51                                 | 14                                 | 7.06                                 | 15                                 | 7.53                                 |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      | 13                                 | 4.34                                 | 13                                 | 5.14                                                                                            | 14                                 | 5.58                                 | 15                                 | 5.95                                 |                                    |                                      |                                    |                                      |    |      |  |  |  |  |  |
|                                              | 5.00                 |                                                                                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    | 15                                 | 6.20                                                                                        | 15                                 | 7.27                                 | 15                                 | 8.90                                 |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      | 15                                 | 4.90                                 | 15                                 | 5.73                                                                                            | 15                                 | 6.58                                 |                                    |                                      |                                    |                                      |                                    |                                      |    |      |  |  |  |  |  |

CATATAN : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI BONDEK DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN  
NOTES THE DEAD LOAD (MASS OF BONDEK AND CONCRETE SLAB) ARE ALREADY CALCULATED.

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA  
THE SUPER IMPOSED LOAD IN THIS TABLE IS THE SUM OF LIVE LOAD AND OTHER FINISHING LOADS

- MUTU BAJA TULANGAN U-48  
GRADE OF STEEL REINFORCEMENT U-48

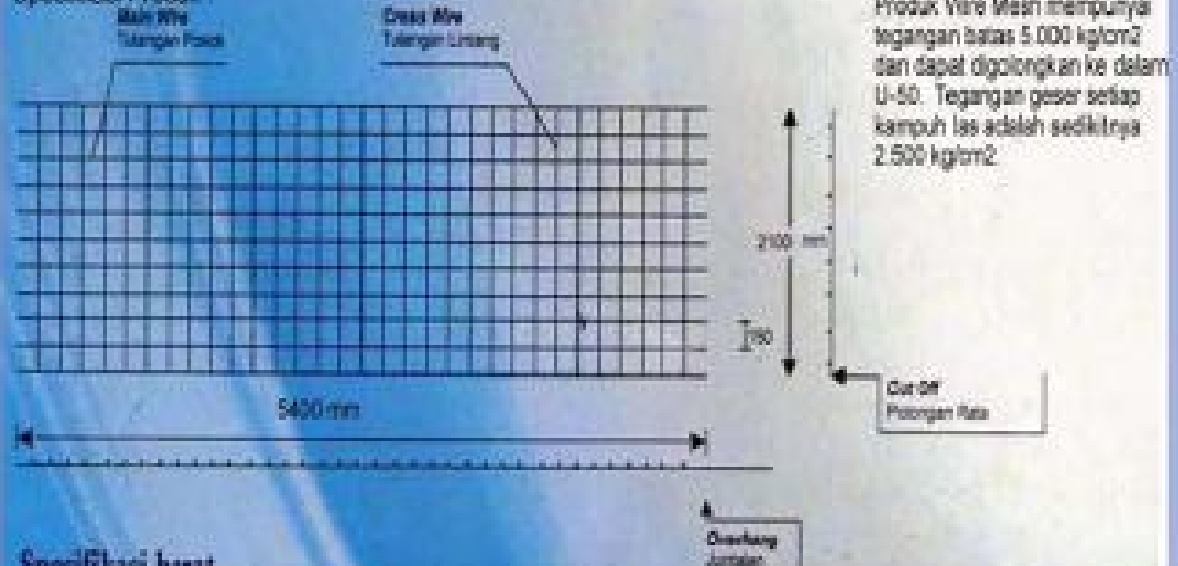




# CV. Enka Sinergi

Telp. : (031) 9190 7999  
 Fax. : (031) 7402429  
 email : [sales@enkasinergi.com](mailto:sales@enkasinergi.com)  
 Website : <http://enkasinergi.com>

## Spesifikasi Produk :



## Spesifikasi berat

| No. | Type | Dia.<br>(mm) | WEIGHT                            |                                |
|-----|------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|     |      |              | Per Sheet (2,1 M x 5,4 M)<br>(kg) | Per Roll (2,1 M x 4 M)<br>(kg) |
| 1.  | M 4  | 4            | 15,45                             | 154,5                          |
| 2.  | M 5  | 5            | 24,14                             | 241,4                          |
| 3.  | M 6  | 6            | 34,76                             | 347,6                          |
| 4.  | M 7  | 7            | 47,31                             | -                              |
| 5.  | M 8  | 8            | 61,79                             | -                              |
| 6.  | M 9  | 9            | 78,21                             | -                              |
| 7.  | M 10 | 10           | 96,55                             | -                              |

Diameter JPS : 4 mm sampai 10 mm  
 Spasi Standard : 150 mm x 150 mm  
 Ukuran Standard : Roll : 5,4 M x 2,1 M  
 Lembar : 5,4 M x 2,1 M  
 Tegangan Ijin Jaring : 2900 kg/cm<sup>2</sup> (mutu U 50)

## Tabel luas Penampang

| Dia.<br>(mm) | Area<br>(cm <sup>2</sup> ) | JUMLAH LUAS PENAMPANG KAWAT (CM <sup>2</sup> /M) MENURUT SPASINYA SETIAP ARAH<br>SPASI (MM) |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|              |                            | 50                                                                                          | 75   | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 450 |
| 4            | 12,6                       | 251                                                                                         | 187  | 128 | 100 | 84  | 72  | 63  | 56  | 50  | 46  | 42  | 39  | 36  | 33  | 31  |     |
| 5            | 19,6                       | 393                                                                                         | 283  | 198 | 157 | 135 | 113 | 98  | 87  | 79  | 71  | 65  | 60  | 56  | 52  | 51  |     |
| 6            | 28,3                       | 569                                                                                         | 417  | 283 | 226 | 198 | 161 | 141 | 126 | 113 | 103 | 94  | 87  | 81  | 75  | 71  | 45  |
| 7            | 38,5                       | 789                                                                                         | 573  | 385 | 308 | 268 | 228 | 193 | 171 | 154 | 140 | 128 | 118 | 110 | 103 | 96  | 59  |
| 8            | 50,3                       | 1005                                                                                        | 726  | 503 | 402 | 335 | 287 | 251 | 223 | 201 | 187 | 173 | 164 | 154 | 144 | 134 | 84  |
| 9            | 63,6                       | 1273                                                                                        | 918  | 636 | 509 | 438 | 383 | 338 | 300 | 264 | 240 | 218 | 205 | 192 | 179 | 168 | 108 |
| 10           | 78,5                       | 1570                                                                                        | 1147 | 785 | 625 | 523 | 448 | 393 | 348 | 314 | 285 | 262 | 242 | 224 | 209 | 195 | 125 |

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



## PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

(Characteristic Compressive Strength  $f_{ck}$  = 42 MPa (Cube Root Specimen))

| Pile Thickness<br>(mm) Wall (t) | Cross<br>Section<br>(cm <sup>2</sup> ) | Section<br>Modulus<br>(cm <sup>4</sup> ) | Max.<br>Height<br>(meters) | Class | Bending Moment     |                      | Allowable<br>Compressive<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Decompression<br>Tension<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Length<br>of Pile **<br>(m) |        |
|---------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-------|--------------------|----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|--------|
|                                 |                                        |                                          |                            |       | Crank T<br>(kNm/m) | Alternate<br>(kNm/m) |                                                  |                                                  |                             |        |
| 300                             | 80                                     | 412.29                                   | 44047.76                   | 111   | A1                 | 2.38                 | 3.76                                             | 72.69                                            | 33.11                       | 6 - 12 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 3.08                 | 4.50                                             | 76.71                                            | 39.86                       | 6 - 12 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 3.58                 | 6.30                                             | 82.90                                            | 44.86                       | 6 - 14 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 4.08                 | 7.80                                             | 85.40                                            | 49.86                       | 6 - 15 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 4.08                 | 8.28                                             | 86.30                                            | 50.74                       | 6 - 15 |
| 350                             | 85                                     | 583.96                                   | 62182.74                   | 130   | A1                 | 3.38                 | 6.80                                             | 89.80                                            | 57.80                       | 6 - 14 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 4.28                 | 8.80                                             | 89.80                                            | 67.80                       | 6 - 16 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 5.08                 | 10.80                                            | 86.80                                            | 69.80                       | 6 - 18 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 6.08                 | 12.80                                            | 85.80                                            | 60.87                       | 6 - 19 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 6.08                 | 13.20                                            | 86.80                                            | 60.87                       | 6 - 19 |
| 400                             | 95                                     | 765.76                                   | 106488.95                  | 151   | A2                 | 5.58                 | 9.20                                             | 126.19                                           | 88.61                       | 6 - 14 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 6.58                 | 9.70                                             | 117.60                                           | 45.51                       | 6 - 15 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 7.58                 | 13.90                                            | 114.40                                           | 70.27                       | 6 - 16 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 9.08                 | 18.00                                            | 111.10                                           | 85.84                       | 6 - 17 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 9.08                 | 18.00                                            | 111.10                                           | 85.84                       | 6 - 17 |
| 450                             | 100                                    | 938.81                                   | 146370.80                  | 173   | A1                 | 7.38                 | 11.38                                            | 148.80                                           | 99.28                       | 6 - 16 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 8.38                 | 12.18                                            | 145.80                                           | 93.89                       | 6 - 18 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 10.80                | 15.80                                            | 140.80                                           | 86.87                       | 6 - 19 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 11.80                | 19.80                                            | 138.10                                           | 70.84                       | 6 - 17 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 12.80                | 25.80                                            | 134.00                                           | 100.45                      | 6 - 18 |
| 500                             | 100                                    | 1199.29                                  | 210304.90                  | 190   | A1                 | 10.90                | 15.11                                            | 165.10                                           | 14.90                       | 6 - 15 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 12.90                | 18.11                                            | 160.10                                           | 66.89                       | 6 - 16 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 14.80                | 21.80                                            | 178.10                                           | 86.80                       | 6 - 17 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 15.80                | 27.80                                            | 178.80                                           | 96.11                       | 6 - 18 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 17.80                | 34.80                                            | 168.00                                           | 122.04                      | 6 - 19 |
| 600                             | 100                                    | 1530.80                                  | 310309.81                  | 193   | A1                 | 11.80                | 25.90                                            | 252.10                                           | 83.52                       | 6 - 15 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 19.80                | 38.90                                            | 249.00                                           | 77.80                       | 6 - 17 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 21.80                | 45.80                                            | 245.10                                           | 104.84                      | 6 - 18 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 21.80                | 45.80                                            | 238.10                                           | 131.10                      | 6 - 19 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 29.80                | 58.80                                            | 249.00                                           | 186.87                      | 6 - 20 |
| 600                             | 120                                    | 2581.54                                  | 1227689.60                 | 241   | A1                 | 40.80                | 63.80                                            | 415.00                                           | 178.44                      | 6 - 20 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 48.80                | 69.80                                            | 406.10                                           | 151.82                      | 6 - 21 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 51.80                | 76.50                                            | 398.17                                           | 171.16                      | 6 - 22 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 55.80                | 89.80                                            | 388.68                                           | 215.80                      | 6 - 23 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 61.80                | 118.00                                           | 388.17                                           | 260.82                      | 6 - 24 |
| 1800 ***                        | 140                                    | 3782.86                                  | 3268171.20                 | 1946  | A1                 | 71.80                | 112.80                                           | 813.52                                           | 189.81                      | 6 - 22 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 82.80                | 123.00                                           | 801.27                                           | 215.16                      | 6 - 23 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 83.80                | 138.00                                           | 588.66                                           | 238.19                      | 6 - 24 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 105.80               | 168.00                                           | 575.13                                           | 311.26                      | 6 - 24 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 125.80               | 248.00                                           | 555.23                                           | 385.70                      | 6 - 24 |
| 1200 ***                        | 150                                    | 4948.21                                  | 6948186.86                 | 1237  | A1                 | 130.80               | 168.00                                           | 802.80                                           | 231.30                      | 6 - 24 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 160.80               | 198.00                                           | 794.00                                           | 282.30                      | 6 - 26 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | A2                 | 145.80               | 217.10                                           | 778.60                                           | 311.00                      | 6 - 24 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | B                  | 170.80               | 308.00                                           | 751.90                                           | 409.80                      | 6 - 24 |
|                                 |                                        |                                          |                            |       | C                  | 200.80               | 408.00                                           | 721.50                                           | 522.30                      | 6 - 24 |

Note: \*1 Crank Moment based on 0.75 A 5.330-1987 (Prestressed Spun Concrete Pile)

\*\*1 Length of pile may exceed usual standard whenever it is on sale position

\*\*\* Type of Shape for Bottom Pile is Monopile Shape

# Spesifikasi Tower Crane TC6018

Stationery Tower Crane TC 6018 dapat di artikan sebagai berikut : TC (Tower Crane), 60 (panjang JIB 60 meter) dan 18 (beban pada puncak jib 1,8 Ton).

Tower Crane TC 6018 ini adalah jenis "Stationery Tower Crane" terbaru dari Tengda Group yang merupakan pengembangan produk dari Taizou Tengda Group. Tower Crane ini dapat di penggunaan untuk mendukung pembangunan gedung-gedung bertingkat, jembatan, proyek konservasi air, bangunan-bangunan perindustrian, dan lainnya.

| Perincian                                                                                |                      | Parameter         |         |         |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|---------|---------|------|
| Momen pengorekan                                                                         |                      | 1250kn.m          |         |         |      |
| Radius kerja                                                                             |                      | 2.5-60m           |         |         |      |
| Beban pada puncak                                                                        |                      | 1.8t              |         |         |      |
| Kapasitas beban maksimal                                                                 |                      | 10t               |         |         |      |
| Tinggi kedudukan bebas                                                                   |                      | 50.5m             |         |         |      |
| Tinggi maksimal pemasangan                                                               |                      | 200m              |         |         |      |
| Pengaturan jarak kerja                                                                   |                      | 48m, 54m, 60m     |         |         |      |
| Mekanisme pengorekan (VFD+PLC)                                                           | Jumlah tali (fall)   | 2                 |         | 4       |      |
|                                                                                          | Kapasitas angkat (t) | 0-2.5             | 0-5     | 0-5     | 0-10 |
|                                                                                          | kecepatan (m/min)    | 0-80              | 0-40    | 0-40    | 0-20 |
|                                                                                          | Motor                | YZPBF250M1-8-45KW |         |         |      |
| Mekanisme troli (VFD+PLC)                                                                | Kecepatan (m/min)    | 0-58              |         |         |      |
|                                                                                          | Motor                | YPBE132S-4-5.5KW  |         |         |      |
| Mekanisme pemutaran (VFD+PLC)                                                            | Kecepatan (m/min)    | 0-0.6             |         |         |      |
|                                                                                          | Motor                | YTW112M-4-4KW*2   |         |         |      |
| Kecepatan memanjat (m/min)                                                               |                      | 0.5               |         |         |      |
| Beban penahan (t)                                                                        |                      | 48m jib           | 54m jib | 60m jib |      |
|                                                                                          |                      | 15,45             | 17,85   | 18,9    |      |
| Ukuran bagian tiang (L*W*H),m                                                            |                      | 2*2*3, tipe panel |         |         |      |
| Temperatur kerja                                                                         |                      | -40°C to 60°C     |         |         |      |
| Kecepatan angin pada kerja (m/s)                                                         |                      | 20                |         |         |      |
| Total daya (KW)                                                                          |                      | 60                |         |         |      |
| Tegangan dan arus kerja                                                                  |                      | 380V/50HZ         |         |         |      |
| Sudah termasuk dengan mekanisme pemanjat (self-erecting/eliminating mast/hydraulic/jack) |                      |                   |         |         |      |

| Radius (m) | 2.5-34.58 |      | 30   | 36   | 40   | 48   | 60   |
|------------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 2 falls(t) | 5         |      | 2.74 | 2.62 | 2.5  | 2.4  | 2.3  |
| 4 falls(t) | 10        | 6.13 | 2.67 | 2.55 | 2.43 | 2.33 | 2.23 |
| Radius(m)  | 50        | 52   | 54   | 56   | 58   | 60   |      |
| 2 falls(t) | 2.21      | 2.12 | 2.04 | 2    | 1.9  | 1.8  |      |
| 4 falls(t) | 2.14      | 2.05 | 1.97 | 1.93 | 1.81 | 1.72 |      |

| Kode                      | TC 6018                |
|---------------------------|------------------------|
| Tipe baja                 | Q345B                  |
| Manufaktur baja           | Ma Steel               |
| Bahan dasar tiang (tower) | Sudut baja: 100*100*10 |
| Merek Mekanisme gerak     | Jiangde Drive          |
| Merek motor               | Jiangde Motor          |
| Kotak kendali kelistrikan | Schneider              |
| Tipe mekanisme pemutaran  | Pemutaran ganda        |
| Kontrol frekwensi         | VFD dan PLC Yaskawa    |



STATIONERY TOWER CRANE TC6018





TESTANA ENGINEERING, Inc

## A.B.I. BORING LOG

BOREHOLE #: BN-1

PROJECT : Park Meadows Shopping Center

COORDINATE : -

GROUND WATER LEVEL : +0.00 m

LOCATION : John Burroughs, Hastings, Iowa

DEPTH : - 10 m

GROUND SURFACE LEVEL : +0.00 m

| DEPTH<br>m | SOIL DESCRIPTION                                               | STANDARD<br>PENETRATION TEST |    |    |    |    | STRENGTH TEST |    |   | ATTENING/SLIPS | T | G <sub>s</sub> | W |
|------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------|----|----|----|----|---------------|----|---|----------------|---|----------------|---|
|            |                                                                | 0                            | 10 | 20 | 30 | 40 | 700           | 90 | 0 |                |   |                |   |
| 0          | Clay and silt, gray, impure, massive (fine grained), very soft |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 1          |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 2          | Sand, gray, fine grained                                       |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 3          |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 4          |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 5          |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 6          | Clay and silt, red, impure, massive, medium                    |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 7          |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 8          |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 9          | Clay and silt, gray, impure, massive (fine grained), soft      |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 10         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 11         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 12         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 13         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 14         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 15         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 16         | Red and silty, gray, slightly, massive                         |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 17         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 18         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 19         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 20         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 21         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 22         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 23         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 24         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 25         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 26         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 27         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 28         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 29         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 30         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 31         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 32         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 33         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 34         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 35         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 36         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 37         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 38         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 39         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 40         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 41         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 42         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 43         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 44         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 45         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 46         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 47         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 48         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 49         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 50         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 51         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 52         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 53         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 54         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 55         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 56         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 57         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 58         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 59         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 60         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 61         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 62         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 63         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 64         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 65         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 66         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 67         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 68         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 69         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 70         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 71         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 72         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 73         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 74         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 75         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 76         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 77         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 78         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 79         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 80         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 81         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 82         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 83         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 84         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 85         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 86         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 87         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 88         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 89         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 90         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 91         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 92         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 93         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 94         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 95         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 96         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 97         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 98         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 99         |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |
| 100        |                                                                |                              |    |    |    |    |               |    |   |                |   |                |   |

## NOTE:

0 to 10% = Trace  
10 to 20% = Little  
20 to 30% = Some  
30 to 40% = And

UU = Unconsolidated Undisturbed  
CU = Consolidated Undisturbed  
CD = Consolidated Disturbed  
Vuc = Very silty sand  
SPV = Standard penetration test (blows / ft)  
qc = Unconfined compression strength, kips/ft<sup>2</sup>

Mo = Moisture content, %  
Wp = Plastic limit, %  
LL = Liquid limit, %  
T = Shrinkage ratio  
Gs = Specific gravity  
e = Void ratio

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Madiun, 17 Februari 1995, merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK. Darma Wanita Ponorogo, SDN 1 Mangkujayan Ponorogo, SMPN 1 Ponorogo, SMAN 1 Ponorogo. Setelah lulus dari SMAN tahun 2013, Penulis mengikuti ujian masuk DIV Reguler ITS dan diterima di departemen Teknik Infrastruktur Sipil tahun 2013 .

Penulis mengambil Bidang Bangunan Gedung di Program Studi DIV departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS. Penulis aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh jurusan ataupun Institut.